

621.92/3
К.44

Библиотека ШЛИФОВЩИКА

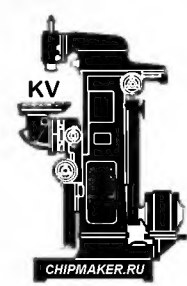
ВЫПУСК 10

С. П. КИСЕЛЕВ

ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Под общей редакцией
канд. техн. наук Г. Ф. КУДАСОВА

✓
Тех. библиотека
Учебный кабинет 8-д
ИНВ. № _____



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1961 Ленинград

11006

621.92/3
674.47
11006
К.44 Киселев С.П.
ПОЛИРОВАНИЕ
МЕТАЛЛОВ
0-16
10/х - Зубов - 12ч
26/х - Сидоров 1чх
1.1.68 Мухомов 32
26 Сидов

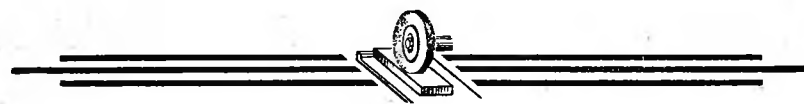
С целью помочь работникам машиностроительных предприятий пополнить свои знания в области усовершенствования технологии шлифования металлов, внедрить на основе передового опыта более совершенные инструменты, эффективные приемы работы и повысить производительность труда Ленинградское отделение Машгиза издаст Библиотечку шлифовщика по основным видам шлифования.

Полный перечень выпусков приводится в конце брошюры. Данный выпуск содержит основные сведения по вопросам полирования металлов эластичными кругами, абразивными лентами и во вращающихся барабанах.

Библиотечка рассчитана на шлифовщиков, мастеров и учащихся технических и ремесленных училищ, а также будет полезна для технологов-машиностроителей и инструментальщиков.

Рецензент инж. А. А. ПАНОВ
Редактор инж. В. Д. ГЛЯСС

Ленинградское отделение Машгиза
Редакция литературы по технологии машиностроения
Заведующий редакцией инж. Е. П. НАУМОВ



ГЛАВА I

ПРОЦЕСС ПОЛИРОВАНИЯ

Полирование металлов применяется как окончательная операция обработки и предназначено для улучшения чистоты поверхности деталей машин и приборов, а также для увеличения срока их службы. Полирование может применяться также для декоративной обработки, т. е. для улучшения внешнего вида машин. Наиболее широко полирование используется при подготовке поверхностей для гальванопокрытий и после гальванических операций для придания деталям хорошего блеска.

Существует несколько методов полирования:

- 1) механическое, выполняемое с помощью абразивных зерен при закреплённом или незакреплённом (свободном) их состоянии;
- 2) полирование давлением, осуществляемое за счет пластического деформирования поверхностного слоя;
- 3) электролитическое полирование.

В данной брошюре рассматриваются методы полирования с помощью абразивов: полирование эластичными кругами, абразивными лентами и во вращающихся барабанах.

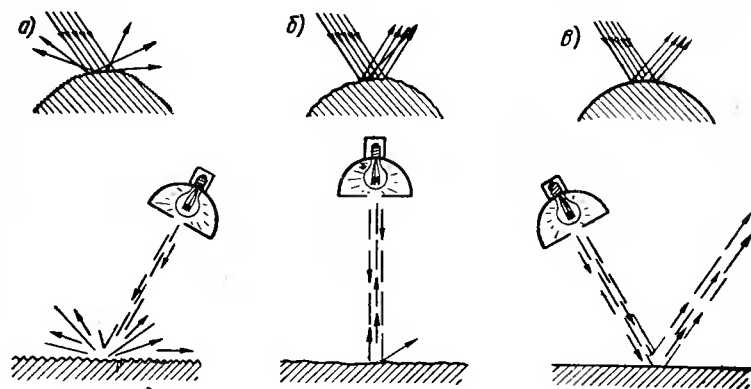
Полирование эластичными кругами — давно известный и широко распространенный метод. Полирование во вращающихся барабанах и абразивными лентами — это сравнительно новые и прогрессивные методы обработки; они дают высокую производительность и получают все большее развитие.

1. СУЩНОСТЬ И НАЗНАЧЕНИЕ ПОЛИРОВАНИЯ

В течение длительного времени предполагали, что механическое полирование и шлифование ввиду внешнего сходства этих процессов не отличаются друг от друга. Особенностью полирования считали лишь то, что оно осуществляется более тонкими абразивами. Однако изучение полирования различных материалов показало, что этот процесс имеет мало общего со шлифованием и представляет собой обработку деталей, обеспечивающую

получение гладкой поверхности с высокой способностью отражения света. Широкое распространение полирования объясняется тем, что оно выполняется на очень простых станках, причем полировальный инструмент можно изготовить дешево и в любых условиях. Наиболее дефицитные и дорогие войлочные круги в настоящее время успешно заменяются полировальными кругами из текстильных материалов и бумаги. Получают широкое распространение абразивные ленты.

Полирование применяют при обработке наружных и внутренних цилиндрических, конических, плоских, сферических, фасон-



Фиг. 1. Схема отражения света различными обработанными поверхностями: а — шлифованная поверхность; б — полированная поверхность; в — глянцевавшая поверхность (полирование до зеркального блеска).

ных и других поверхностей деталей машин. Чаще всего полированию подвергаются детали сложного криволинейного профиля.

Задачей процесса полирования является устранение следов предыдущей операции обработки, а также штрихов, царапин и других поверхностных неровностей с целью получения гладкой поверхности, обладающей высокой способностью отражения света.

Обычная шлифованная поверхность (фиг. 1, а) имеет низкую способность отражения, так как падающий на нее свет вследствие шероховатости такой поверхности рассеивается в разные стороны. Полированная поверхность (фиг. 1, б) отличается более высокой способностью отражения, так как в связи с ее меньшей шероховатостью неровности в виде отдельных штрихов и царапин встречаются редко и не оказывают большого влияния. Зеркальная поверхность, в идеальном случае не имеющая штрихов, царапин и других неровностей, отражает направленный на нее пучок света, не рассеивая его (фиг. 1, в).

Полирование деталей применяется в основном для улучшения чистоты и качества обработанных поверхностей, а также для подготовки поверхностей деталей к гальванопокрытию.

В некоторых случаях полирование назначается с целью повышения точности полированных деталей и одновременно улучшения чистоты и качества обработанных поверхностей (турбинных лопаток и других деталей).

Съем металла при полировании составляет 0,01—0,03 мм. Иногда толщина снимаемого слоя достигает 0,3 мм и более (полирование шлифовальной шкуркой, войлочными кругами с нанесенным на их рабочую поверхность абразивным зерном № 80 и грубее).

Чистота поверхности при полировании может быть достигнута до 10—12-го класса, причем за один переход чистота поверхности повышается на 1—2 класса.

При полировании, называемом глянцеваанием, снимаемый с деталей слой измеряется в долях микрона. Инструментом для такой обработки служат жесткие фетровые или хлопчатобумажные круги, на которых нанесен слой тонкой пасты. Исходная чистота поверхности деталей в этом случае должна быть в пределах 10—11-го класса. При глянцеваании достигается повышение чистоты поверхности на 1—2 разряда классов чистоты. Зеркальную поверхность можно получить при полировании деталей пастой из окиси хрома, крокуса или трепела.

Полированием обрабатывают любые металлы и сплавы различной твердости — от алюминия до закаленной стали и чугуна и от нержавеющей стали до золота и платины.

Различают два вида полирования: черновое, или предварительное, и чистовое, или окончательное, полирование.

Черновое (предварительное) полирование применяется для механического удаления неровностей поверхности с помощью незакрепленных абразивных зерен (в свободном состоянии) или закрепленных на рабочей поверхности специальных кругов и лент.

Чистовое (окончательное) полирование осуществляется свободными (незакрепленными) мелкими шлифовальными порошками или мягкими эластичными кругами и лентами с нанесенными на них тонкими полировальными пастами, содержащими, кроме мелких полировальных порошков, поверхностно активные вещества.

Имеются различные объяснения сущности процесса полирования, которые можно свести к следующим положениям.

1. Сущность процесса объясняется механическим съемом микронеровностей с поверхностного слоя, а ход процесса обуславливается твердостью и пластичностью материала.

2. Основными факторами, определяющими процесс полирования, являются температура плавления и теплопроводность полируемого материала.

3. Процесс полирования объясняется съемом оксидных пленок, непрерывно образующихся под действием окружающей среды.

Основываясь на практических наблюдениях, можно заключить, что процесс полирования представляет собой комплекс механических, физических и химических явлений, которые находятся в зависимости от рода полируемого материала, полировального инструмента и внешней среды.

При прохождении электрического тока между полируемым изделием и полировальным кругом процесс полирования заметно ускоряется.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ОПЕРАЦИИ ПОЛИРОВАНИЯ

Требования, предъявляемые к операции полирования, зависят от условий эксплуатации полированных деталей в машине. В процессе полирования необходимо обеспечивать требующуюся чистоту обработанной поверхности, не искажая геометрии детали, полученной на предшествующей операции, а в отдельных случаях геометрия детали может быть частично исправлена.

Дефекты на полированной поверхности не допускаются. Глубокие риски и раковины, которые обнаруживаются при полировании, надо устранить с помощью шлифовального круга или абразивной ленты и после этого продолжить полирование.

Полирование обычно начинают на участках наиболее вероятного расположения дефектов. Например, полирование сварных труб надо начинать с продольного шва, так как в нем чаще всего встречаются раковины и трещины. На полированной поверхности не допускаются прижоги. Сильный перегрев деталей (особенно тонкостенных и т. п.) может вызвать их деформирование. Поэтому такие детали рекомендуется оставлять для остывания в приспособлениях.

Рабочие поверхности ответственных деталей машин (турбинных лопаток, поршневых пальцев, колец подшипников и др.) требуют наиболее тщательного и качественного полирования. На полированных же поверхностях деталей, изготовляемых холодной штамповкой и подвергаемых антикоррозионным и специальным покрытиям, допускаются легкие цвета побежалости и незначительные механические дефекты (отдельные царапины и риски, единичные мелкие поры, незначительные гофры, небольшие забоины и вмятины). После полирования поверхностей, покрытых медью, никелем и хромом, не допускаются отдельные риски, раковины, вмятины, желтые пятна, «загар», места с отслоением покрытия (пузыри, лупление), неокрытые участки, если это не оговорено, неполомностью отполированные участки и места, отполированные до основного металла или до предыдущего слоя покрытия.

Следовательно, в каждом случае к операции полирования предъявляются особые требования. Поэтому во избежание больших затрат на полирование требования к полируемой поверхности деталей оговариваются в технических условиях. На ответ-

ственные детали, особенно в массовом и серийном производстве, создаются эталоны.

Высокая чистота поверхности достигается за несколько переходов с последовательным уменьшением зернистости полировального инструмента. Для уменьшения расхода абразивных материалов и повышения производительности требуется осуществлять полирование с наименьшим числом переходов. На количество переходов, а следовательно, и на время полирования оказывает значительное влияние исходная чистота поверхности. Чем лучше подготовлена поверхность для полирования, тем выше класс исходной чистоты поверхности, тем меньше переходов требуется при полировании и тем производительнее обработка.

3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Механическое полирование осуществляют следующими методами и инструментами: эластичными кругами; абразивными лентами; во вращающихся барабанах; струей абразивной жидкости (гидрополирование)¹; специальными полировальниками.

Полирующий инструмент и обрабатываемые детали при каждом из перечисленных выше методов полирования приводятся в движение относительно друг друга. За счет этого движения в совокупности с другими факторами достигаются гладкость и блеск обработанной поверхности.

Обработка специальными полировальниками наиболее часто применяется при полировании золота и других драгоценных металлов.

Как отдельный вид полирования распространена подготовка поверхности к гальваническим покрытиям, называемая матированием. Ранее этот вид обработки назывался «салкой». Он как бы являлся переходным от шлифования к полированию. Обычный шлифовальный круг намазывается салом, посыпается абразивным зерном той же зернистости, что и круг, использованный при чистовом шлифовании, и после этого им обрабатывают детали.

При матировании круг периодически смазывают пастами, содержащими наждак, маршалит, электрокорунд или другие абразивные материалы. Более эффективны в работе маршалитовые пасты. Изделия очень сложного профиля подвергают дополнительному матированию кругами, изготовленными из морской травы.

Активность абразивных зерен, находящихся в пастах, невелика, и они не дают при обработке глубоких царапин. Обработку осуществляют при движении круга в поперечном направлении по отношению к ранее полученным гребешкам шероховатости.

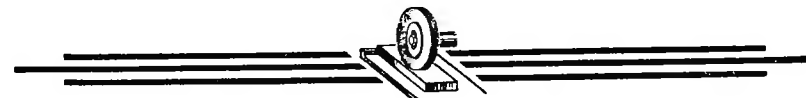
¹ Полирование струей абразивной жидкости, известное также под названием жидкостного полирования, здесь не рассматривается, так как этот метод еще не получил широкого применения и к тому же достаточно хорошо освещен в литературе (см., например, Ш. М. Билик, Абразивно-жидкостная обработка металлов, Машгиз, 1960).

Благодаря этому при матировании заметно улучшается чистота обрабатываемой поверхности.

Матирование имеет большое значение для металлопокрытий. На матированных поверхностях лучше удерживается гальванический слой металла. Чем лучше осуществлено матирование, тем производительнее процесс полирования по покрытию, тем тоньше снимаемый слой металла.

Применение того или иного метода полирования зависит от конфигурации детали, физико-механических свойств обрабатываемого металла, количества деталей, подлежащих полированию, и т. п.

Полирование нержавеющей стали из-за плохой теплопроводности, сравнительно высокой вязкости и твердости — наиболее трудоемкая операция для любого метода. Наоборот, изделия из цветных металлов в большинстве случаев очень легко поддаются полированию, и для их отделки требуется наименьшее число операций и переходов. Полирование же серебра и золота осуществляется особым методом.



ГЛАВА II

ПОЛИРОВАНИЕ ЭЛАСТИЧНЫМИ КРУГАМИ

Полирование эластичными кругами имеет широкое распространение в качестве окончательной декоративной отделки и подготовительной операции перед никелированием, хромированием и другими гальваническими покрытиями. Полирование применяется при обработке деталей, не требующих высокой точности обработки: маховичков, рукояток, втулок, рефлекторов и других деталей автомобилей, мотоциклов, станков, а также предметов широкого потребления.

В практике полирования эластичными кругами различают два принципиально различных процесса.

1. Полирование кругами с нанесенным на них слоем абразивных зерен. Этот процесс дает осветленную поверхность с низкой способностью отражения света. Применяется без контроля формы и размеров изделия.

2. Полирование мягкими кругами, покрытыми полировальными пастами. Этот процесс обеспечивает получение высоких классов чистоты поверхности обрабатываемых деталей, при этом сохраняется точность их изготовления, полученная на предшествующей операции.

В процессе полирования абразивный слой кругов истирается или загрязняется пастой и мелкой стружкой металла, особенно при полировании мягких металлов. В этом случае эластичные круги очищают от износившегося слоя абразивных зерен шарошкой, абразивным бруском или металлическим скребком и затем их накатывают новым абразивным слоем или непосредственно на рабочем месте смазывают свежим слоем пасты. На круг надо наносить определенное количество пасты. Излишнее количество пасты засаливает изделие, а если нанесено недостаточное количество пасты, изделие не приобретает требуемого блеска, и круг быстрее изнашивается; поэтому в обоих случаях производительность полирования снижается.

Полирование эластичными кругами экономично при обработке средних и небольших партий деталей. Преимуществом

этого способа полирования является его универсальность. К недостаткам его относятся: загрязнение рабочего места; большая утомляемость рабочего, особенно при полировании вручную; нестабильное качество полирования, зависящее от квалификации рабочего; низкая производительность труда. Однако простота обработки и универсальность применения позволяют механизировать процесс полирования эластичными кругами и даже автоматизировать его.

4. ПОЛИРОВАЛЬНЫЕ КРУГИ

Полировальный инструмент — это мягкие эластичные круги, на которые с помощью клея наносятся абразивные зерна или полировальные пасты.

Полировальные круги изготавливаются из фетра и войлока, из различных тканей и прессованной бумаги, из резины, кожи и т. п.

Фетровые и войлочные круги (ОСТ 37216) просты в изготовлении, но ввиду их высокой стоимости имеют ограниченное применение.

Широко распространены текстильные (матерчатые) круги. Их делают из хлопчатобумажной ткани путем склеивания и спрессовывания отдельных сшитых секций. Круги, изготовленные из киперной ткани, хорошо сцепляются с клеем и отличаются большей стойкостью. Низкосортные полировальные круги изготавливаются из всевозможных отходов тканей. Все текстильные круги можно подразделить на три типа: дисковые (непрошитые), секционные и наборные (прошитые) и специальные.

Дисковые круги изготавливают из однородной ткани. Их собирают из отдельных дисков (до 20 шт. на круг) или из дисков, прошитых в 2—3 строчки вокруг отверстия. Диски штампуют на прессе или вырезают вручную.

Дисковые круги можно легко монтировать на шпинделе станка, они хорошо уравниваются, не допускают биения и обеспечивают высокое качество отделки, вплоть до зеркального блеска полируемой поверхности.

Крахмаленные круги изготавливают следующим образом. По одному или по два диска пропитывают составом, состоящим из 4,5% крахмала, 4,5% декстрина, 4,5% столярного клея и 86,5% воды. Пропитанные диски сушат и утюжат. Затем точно по центру пробивают отверстие, из дисков собирают круг, обтачивают его по периферии и производят профилирование и балансировку.

При изготовлении дисковых кругов из квадратных кусков материи большое значение имеет правильная укладка материала. Расположить его надо так, как показано на фиг. 2, чтобы углы кусков материала были смещены друг относительно друга по окружности. Такая укладка увеличивает стойкость кругов и экономит материал.

Дисковыми кругами можно обрабатывать всевозможные детали — от простейших до деталей с самым сложным профилем, обеспечивая высокое качество их отделки. При правильно выбранных режимах полирования этими кругами почти исключается возможность возникновения брака.

Для лучшей вентиляции в процессе полирования дисковый круг собирают с прокладками из дисков отработанных кругов малого диаметра. Это дает возможность полировать громоздкие детали с повышенным давлением, причем увеличивается срок службы кругов и не происходит их загорания.

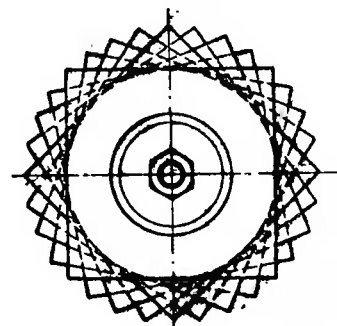
Секционные круги могут быть из цельных матерчатых дисков или из отдельных кусков материи, уложенных между двумя матерчатыми дисками. Матерчатые диски, собранные в секции (по 15—20 шт.), прошиваются на специальных машинах. Секции, набранные из отдельных кусков, должны иметь толщину, соответствующую толщине секций из цельных дисков. Секции могут иметь различные виды прошивки (фиг. 3).

Круги с концентрической, параллельной и спиральной прошивками наиболее просты в изготовлении и широко применяются, особенно круги со спиральной прошивкой. Спираль делается с постоянным шагом между строчками в 10—40 мм. Однако круги с такими прошивками недостаточно прочно удерживают полировальную пасту.

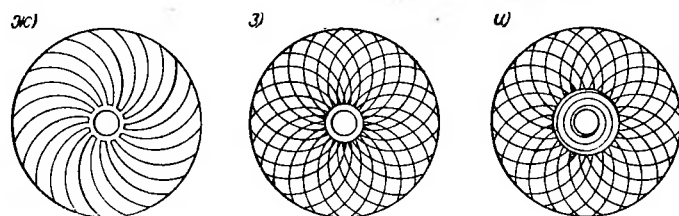
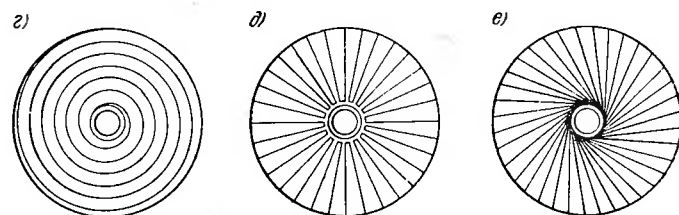
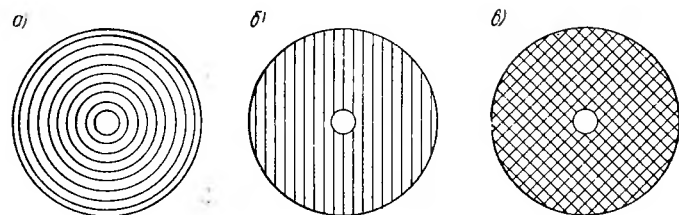
Для лучшего удержания пасты рекомендуются усложненные формы прошивки.

После прошивки секций в центре пробивают отверстие, собирают круг, обтачивают, при надобности профилируют и затем балансируют.

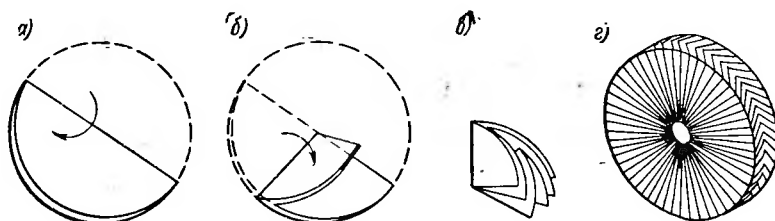
Наборные полировальные круги изготавливают из дисков или сегментов. На фиг. 4 показан способ изготовления круга из дисков. Каждый диск складывают вчетверо. Полученные сегменты вставляют один в другой до укомплектования полного круга, располагая сегменты таким образом, что они по периферии круга как бы входят друг в друга «стрелками». Затем круг прошивают, обтачивают и балансируют. В образованных сегментами складках кругов хорошо удерживаются полирующие пасты. При вращении круга в направлении, обратном «стрелкам» сложенных сегментов, он оказывает сильное полирующее действие; при изменении направления вращения круга сегменты становятся очень эластичными. Это дает возможность использовать один и тот же круг для разных работ. Наборные круги хорошо



Фиг. 2. Рациональное расположение отрезков (кусков) материала в диске круга.



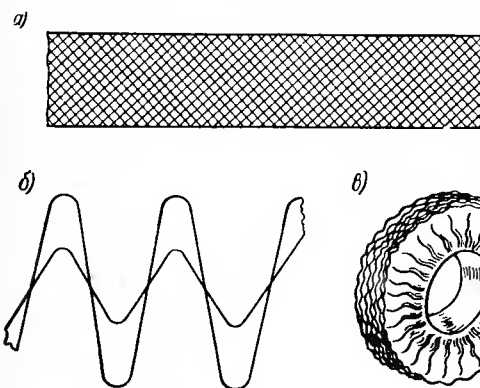
Фиг. 3. Основные виды прошивок секционных полировальных кругов: а — концентрическая; б — параллельная; в — сетчатая; г — спиральная; д — радиальная; е — тангенциальная; ж — лопастная; з — фасонная; и — комбинированная.



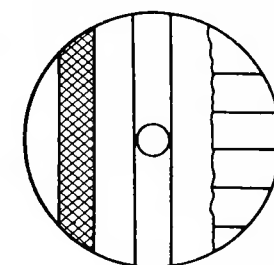
Фиг. 4. Наборный круг из дисков: а — диск, сложенный вдвое; б — диск, сложенный вчетверо; в — вкладка сегментов; г — готовый круг.

вентилируются в процессе работы и позволяют полировать с повышенным давлением.

Имеется несколько типов кругов специального назначения, изготовленных из полос. Наиболее просты в изготовлении круги, сложенные из полосы, свернутой в виде спирали (фиг. 5). Такие круги имеют складки по периферии и волнистые края. Они хорошо



Фиг. 5. Круг из полос, сложенных спирально: а — исходная полоса; б — полоса, сложенная в спираль; в — готовый круг.



Фиг. 6. Круг с взаимно перпендикулярным расположением полос.

вентилируются в процессе полирования и дают возможность работать с повышенным давлением. Круги из полос можно изготовить, набирая их рядами (фиг. 6), причем слой от слоя в таких кругах отличается взаимно перпендикулярным расположением полос. Эти круги имеют повышенную стойкость и хорошо балансируются.

Для полирования изделий сложного профиля с различными углублениями служат специальные круги — головки, изготовленные из шерсти, морской травы, ваты и других материалов (фиг. 7). Подобные головки дают низкую производительность и применяются только в тех случаях, когда деталь нельзя обработать обычным полировальным кругом.



Фиг. 7. Полировальные головки.

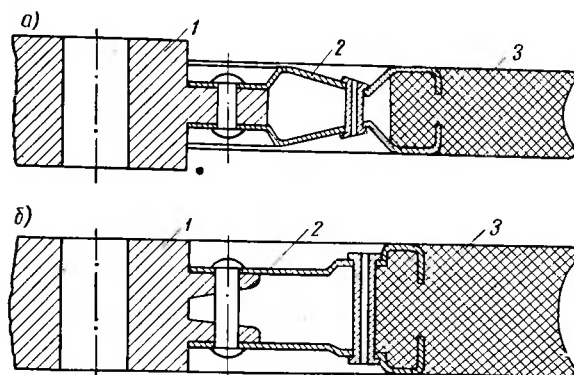
Бумажные круги изготавливают из листов гладкой и гофрированной бумаги прессованными и пропитанными. Бумажные круги характеризуются большой жесткостью, поэтому при обработке этими кругами трудно получить высокие классы чистоты поверхности.

Круги из гофрированной бумаги пластичны и дают поверхность более чистую, чем круги из гладкой бумаги. Бумажные круги более стойки, чем текстильные, но значительно тяжелее войлочных и текстильных и нуждаются в тщательной балансировке.

В отдельных случаях для полирования применяют деревянные круги, обитые кожей.

Для предварительных проходов иногда применяют сборные круги с чугунной ступицей (фиг. 8), но они тяжелы и громоздки и могут быть успешно заменены бумажными кругами.

Материалы для полировальных кругов должны обладать достаточной прочностью волокна и способствовать задержанию полировальных паст на круге. Киперная ткань за счет наклонного расположения волокон к утку обеспечивает лучшее схватывание пасты, повышая качество полирования.



Фиг. 8. Конструкции полировальных кругов для предварительных проходов: а — круги для обработки узких деталей; б — круги для обработки широких деталей.

1 — чугунная ступица; 2 — стальные диски; 3 — основание круга (кожа, текстиль, резина).

Полировальные круги выбирают в зависимости от требуемой чистоты поверхности, свойств обрабатываемого материала и оставленного под полирование припуска.

Фетровые полировальные круги обеспечивают высокую чистоту полированной поверхности, но в связи с высокой стоимостью применяются в исключительных случаях.

Фетровые круги, шаржированные пастой зернистостью М20—М40, дают 10—12-й класс чистоты поверхности.

Войлочные круги делятся на тонкошерстные, полугрубошерстные и грубошерстные. Тонкошерстные полировальные круги изготовляют из тонкой шерсти с небольшой примесью полугрубой шерсти и применяют для обработки особо ответственных деталей машин и приборов. Полугрубошерстные полировальные круги, изготавливаемые только из полугрубой шерсти, применяют для полирования деталей точных измерительных приборов, хирургических инструментов и других деталей, требующих высокого качества отделки. Грубошерстные полировальные круги изготовляют

из грубых сортов шерсти с небольшой примесью полугрубой шерсти и применяют для полирования металлических деталей и стеклянных изделий.

Полирование цветных металлов и алюминия осуществляют кругами из мягкого войлока. Жесткие войлочные круги применяются для полирования стали. Войлочные круги, накатанные абразивами зернистостью 180—280, обеспечивают при полировании 8—9-й класс чистоты поверхности.

Текстильные круги, как более дешевые, находят широкое применение во всех отраслях машиностроения и приборостроения, однако текстильные круги с абразивами одной и той же зернистости, что и войлочные, дают чистоту поверхности на один класс грубее.

5. ПОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И ПАСТЫ

Полирующие материалы могут быть естественные и искусственные. К естественным относятся: крокус, мел, венская известь, тальк, диатомит, трепел и др.

Крокус — материал, содержащий окись железа до 75—97%. Крокус получают из высокосортного красного железняка (гематита). Он имеет широкое распространение для полирования благородных металлов.

Мел — порошкообразный продукт, состоящий из мельчайших аморфных частиц углекислого кальция, получаемый из известняка. Мел бывает комовой и молотый; его применяют для полирования благородных металлов, меди и ее сплавов.

Венская известь представляет собой окись кальция с незначительными примесями окиси магния, окиси железа и др. Количество примесей не должно превышать 5,5%, а содержание влаги и углекислоты должно быть не более 2%. Венскую известь получают обжигом доломита (известняка). Для полирования берут средние слои прокаленной извести, которую затем надо измельчить и просеять. Отдельные мягкие куски обожженной извести выбирают перед дроблением и используют при полировании для нанесения глянца. Венская известь иногда применяется как абразивная составляющая полировальных паст.

Венскую известь надо хранить в герметической упаковке, так как она быстро поглощает влагу и углекислый газ и превращается в мелкий белый порошок, теряя свои полирующие свойства.

Тальк — очень мягкий абразив. Это минерал вторичного происхождения из силикатов магнезии. Применяется для полирования гальванических покрытий.

Диатомит, или инфузорная земля, — легкая осадочная порода, состоящая из кремнезема. Лучшие сорта диатомитов содержат более 80% кремниевой кислоты.

Трепел тоже состоит из кремниевой кислоты и встречается чаще всего вместе с диатомитом. Трепел очень сходен с диатомитом, но отличается от него тем, что очень интенсивно поглощает влагу.

К искусственным полирующим материалам относятся: окись железа, окись хрома, окись алюминия и др.

Окись железа, изготовленную искусственным способом, называют крокусом по аналогии с естественным. Но естественный крокус — более тонкий абразивный материал. Хорошие сорта искусственного крокуса содержат не менее 75—85% окиси железа при полном отсутствии кремнезема. Лучший сорт крокуса имеет фиолетовый оттенок.

Окись хрома может быть в виде темно-зеленого или почти черного порошка; она применяется в полировальных пастах. Получают ее прокаливанием размельченного двуххромовокислого калия с серой в отношении 10 : 2.

Окись алюминия получают прокаливанием гидрата окиси алюминия. Полирующие свойства этого материала улучшаются с увеличением содержания в нем окиси алюминия.

Таблица 1

Составы полировальных паст

Назначение паст		Составные части паст по весу										
		окись желе- за	электро- пудра нор- мальная	окись хрома	окись алю- миния	венская из- весть	меловая пудра	олеин	стеарин	парафин	вазелин	пчелиный воск
Матирование		—	12 До нуж- ной густо- ты	—	—	—	—	—	—	1	—	1.5 2.5
Предва- ритель- ное по- лирова- ние	стали	35—40	—	—	—	—	—	20	15	6	—	—
	цветных металлов	—	—	До 5	—	—	—	—	1	—	—	—
	под хро- мирова- ние по хрому	—	—	—	5—8	—	—	—	1—0	—	—	1—2
Оконча- тельное по- лирова- ние	стали	—	—	—	—	До нуж- ной густо- ты	—	12	2—6	—	—	—
	цветных металлов	—	—	—	—	12	—	—	1	3	—	—
	по хрому	—	—	—	—	—	20 (или тапок)	—	—	—	1	—

Пасты представляют собой сложные по составу полирующие вещества. В них входят тонкие абразивные порошки, связующие вещества и жиры, поверхностно активные вещества и т. п. Они наносятся тонким слоем на полировальные круги при полировании. В зависимости от содержания абразивного материала различают хромовую, маршалитовую, крокусную и известковую пасты. Различают пасты и по назначению: для полирования закаленных сталей, цветных металлов и т. п.

Полировальные пасты должны отвечать следующим требованиям:

- 1) обеспечивать получение гладкой поверхности с зеркальным блеском;
- 2) быть достаточно вязкими и прочными;
- 3) хорошо удерживаться на рабочей поверхности круга;
- 4) быть однородными по составу;
- 5) не должны крошиться и рассыпаться, загрязнять и царапать полируемую поверхность.

В настоящее время промышленность располагает большим количеством полировальных паст. Составы наиболее распространенных паст приведены в табл. 1.

6. ПРОФИЛИРОВАНИЕ, БАЛАНСИРОВКА И НАКАТКА КРУГОВ

Обточку и профилирование полировальных кругов можно производить вручную или на станке. Ручная обработка осуществляется ножом. Так как этот способ обработки требует высокой квалификации рабочего и небезопасен, то применять его не рекомендуется.

Механическое профилирование осуществляется на специальном станке при помощи шлифовального круга зернистостью 36—60 открытой структуры. Режущий шлифовальный круг имеет профиль, обратный профилю обрабатываемого круга. При обработке круги приводятся во вращение навстречу друг другу, и по мере сближения шлифовальный круг снимает все неровности с текстильного или фетрового полировального круга, придавая ему требующуюся форму. Для устранения образующейся при обработке обильной пыли круги заключены в специальный пылезащитный кожух, сообщающийся с мощным вентилятором.

Обточенные и профилированные круги подвергают балансировке, заключающейся в уравновешивании круга, установленного с оправкой на вращающихся опорах или на неподвижных строго горизонтальных и параллельных валиках.

Балансировку круга производят следующим образом. Насаженный на оправку круг помещают на четырех свободно вращающихся роликах или двух неподвижных валиках. Поворачивая круг, устанавливают его в различные положения. Более тяжелая часть под действием силы тяжести стремится вниз и приводит во вращение круг. Отмечают более тяжелые и легкие части круга

и затем уравнивают его, срезая утолщения на более тяжелой части круга или добавляя груз на более легкой стороне у отверстия со стороны торца круга. Отбалансированный круг при любом положении не будет поворачиваться на роликах или валиках.

Рабочую поверхность отбалансированного круга смазывают мездровым клеем, казеином, жидким стеклом или другим составом и немедленно производят накатку абразивным зерном, которое находится в специальных желобах. Эту операцию можно производить вручную, прокатывая круг по желобу с абразивным зерном, или на станках, где перемещение круга при накатке осуществляется механически.

Каждый круг за время прокатки должен совершать не менее чем два полных оборота вокруг своей оси. Это обеспечивает равномерное покрытие рабочей поверхности круга абразивными зёрнами. Для получения кругов высокого качества абразивное зерно подогревают до температуры 40—45°. Большое значение имеет и давление накатки. Чем оно выше, тем глубже проникают абразивные зёрна в накатываемый круг и прочнее закрепляются на его рабочей поверхности.

Накатка может быть однослойная и многослойная. При изготовлении новых кругов жидкое стекло или клей наносят несколько раз в качестве грунтовки, после чего производят накатку. На бумажные круги абразивное зерно накатывают при помощи силиката. Из различных видов мездрового клея (плиточный, дробленый, порошкообразный и др.) для накатки абразивного зерна лучше применять плиточный клей, причем плитки предварительно погружают на 10—12 час. в холодную воду. Количество клея и воды берется в определенной зависимости от зернистости абразива (табл. 2). Чрезмерное смачивание плиток, а также повышение температуры воды ухудшают связующую и цементирующую способность клея. Достаточно смоченный и хорошо перемешанный клей нагревают до температуры 60—70° в электрических или паровых клееварках. После нагрева клей готов к употреблению.

Обычно накатка производится в два приема. Вначале наносится слой клея, а затем слой зерна. Но иногда накатку производят абразивной массой, которая состоит из смешанных и проваренных вместе абразивных зерен и клея. Соотношение зерна и клея в массе берется в зависимости от требуемой жесткости полировального круга. Для жестких кругов берется 6—7 весовых частей зерна на 3—4 весовые части клея. Для эластичных кругов соотношение обратное: 3—4 весовые части зерна на 6—7 весовых частей клея. Часто применяют трехкратную накатку: первый слой накатывают массой с соотношением зерна и клея 4 : 6; второй слой — 5 : 5; третий — 6 : 4. Примерные нормы расхода зерна и клея при накатке полировальных кругов приведены в табл. 3.

Накатанные круги сушат в естественных (в помещении) или в искусственных условиях (в сушильном шкафу). Лучшую стой-

Таблица 2

Соотношение клея и воды при размачивании

Зернистость абразивного зерна	Количество клея	Количество воды
	в процентах	
24—36	50	50
46—60	45—40	55—60
80—120	35—33	65—67
150—180	30—25	70—75
230—280	25—23	75—77
320	20	80

Таблица 3

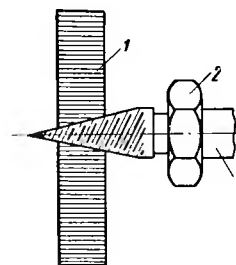
Нормы расхода абразивного зерна и клея для накатки полировальных кругов

Зернистость абразивного зерна	Расход в г на 100 см ² площади накатки	
	зерна	мездрового клея
24 36	25 25	5
46 60 80	20 15 10	4,5
100 120 180	8 7 6	4
230 и мельче	5	3

кость имеют круги, изготовленные в условиях естественной сушки, особенно если в помещении имеется приточно-вытяжная вентиляция. Наилучшие условия сушки: температура 27—30° при 50% относительной влажности. Сушильные шкафы для искусственной сушки различны по конструкции. Наиболее совершенны шкафы калориферного типа с регулирующими режимами сушки. Высушенные в шкафу круги после их выгрузки выдерживают в помещении до полного остывания.

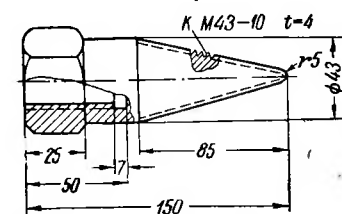
7. КРЕПЛЕНИЕ ПОЛИРОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Войлочные, текстильные и другие полировальные круги обычно закрепляют на шпинделе станка при помощи конусного наконечника (фиг. 9). Такое крепление применяют для кругов шириной 30—55 мм. Конусный наконечник (фиг. 10) навинчивают на



Фиг. 9. Крепление эластичного полировального круга на шпинделе станка при помощи конусного наконечника:

1 — круг; 2 — конусный наконечник; 3 — шпиндель станка.



Фиг. 10. Конусный наконечник для быстрой установки и закрепления полировальных кругов.

шпиндель станка; на нем устанавливают и закрепляют полировальный круг. Он хорошо центрирует эластичный круг при зажиме и обеспечивает быструю замену изношенного круга. При смене кругов производят остановку станка.

Полировальные круги больших размеров закрепляют на шпинделе при помощи фланцев, зажатых гайкой. Такое крепление наиболее надежно. Этим же способом закрепляют полировальные круги шириной более 55 мм.

Круги малого диаметра устанавливают на цилиндрических оправках между фланцами. В отдельных случаях для закрепления цилиндрической оправки с полировальным кругом малого диаметра рационально применять конусный наконечник с резьбовым отверстием.

8. ПОЛИРОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ С ЭЛАСТИЧНЫМИ КРУГАМИ

Полировальные станки с эластичными кругами различны по конструкции и назначению. Их можно разделить на следующие группы: одношпиндельные двусторонние; двухшпиндельные двусторонние; станки-моторы; станки с гибким валом; бесцентровополировальные станки; полировальные полуавтоматы и автоматы; автоматические линии.

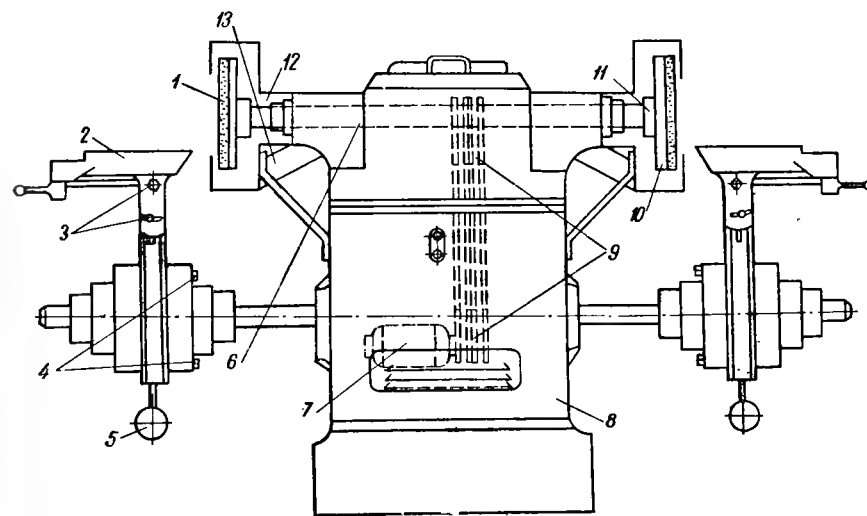
Шпиндели полировальных станков работают с большими числами оборотов, со значительным давлением при полировании. Они устанавливаются в подшипниках качения. При плохой системе смазки подшипники сильно нагреваются и станки быстро выходят из строя. На полировальных станках современной конструкции применяют принудительную или централизованную смазку как наиболее эффективную.

Приводы станков изготавливаются с индивидуальным мотором, расположенным в станине. Более удачным считают фланцмоторный привод, однако на заводах имеются еще отдельные полировальные станки с трансмиссионным приводом. Для уменьшения габаритов и передачи больших мощностей в полировальных станках, где нельзя использовать фланцмоторный привод, применяют клиноременную передачу. Так как при полировании эластичными кругами образуется много пыли, надо полировальные станки оснащать хорошей вытяжной вентиляцией.

Одношпиндельные двусторонние полировальные станки. Современные станки этого типа имеют закрытый шпиндель, вращающийся в шарико- или роликоподшипниках. Приводом служит индивидуальный электродвигатель, установленный в станине. Эти станки предназначены для работы периферией или торцом круга.

На фиг. 11 показан одношпиндельный двусторонний станок для полирования торцом круга 1. Направляющие столики, или подручники 2, служащие опорой для обрабатываемых деталей, можно устанавливать под любым углом и на любую высоту,

закрепляя болтами 3 и 4. Для облегчения установки направляющего столика в любом положении служит противовес 5. Шпиндель 6 получает вращение от мотора 7, расположенного в станине станка 8, через клиноременную передачу 9. На концах шпинделя крепятся полировальные круги при помощи фланцев 10 и 11. Включение и выключение станка кнопочное. Оба круга во время работы надо закрывать кожухами 12, к которым подведена труба 13 для отсасывания пыли, образующейся при полировании.



Фиг. 11. Дискový двусторонний одношпиндельный станок для полирования плоскостей.

Основным недостатком этих станков является то, что при работе с одной стороны второй круг вращается вхолостую. Этот недостаток устранен в двухшпиндельных двусторонних станках.

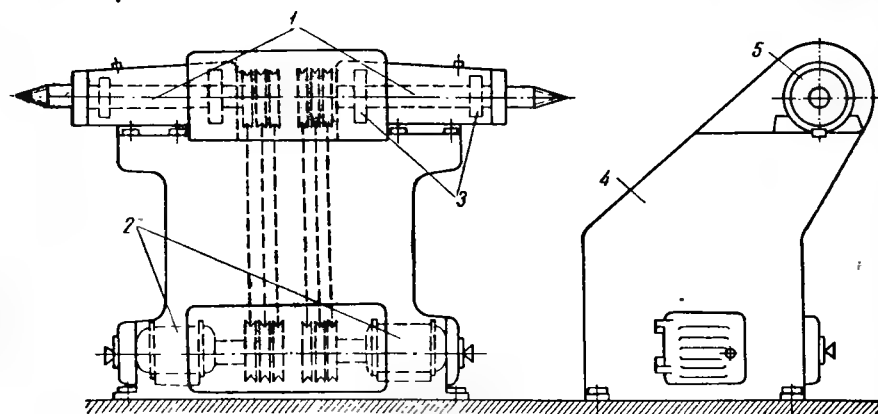
Двухшпиндельные двусторонние полировальные станки. Это наиболее совершенные станки, снабжаемые одним электродвигателем для привода обоих шпинделей или двумя электродвигателями, каждый из которых приводит во вращение только один шпиндель. Электродвигатели на таких станках располагают внутри станины. Шпиндели расположены на одной оси в подшипниках качения.

Станки с одним электродвигателем имеют простейшие рычажные устройства для включения того или другого шпинделя. На станках с двумя электродвигателями включение и выключение шпинделей кнопочное, поэтому они надежнее и проще в эксплуатации.

Двухшпиндельные станки выпускают двух моделей — 385А и 385. Станки модели 385 бывают двух типов:

- 1) для шлифования и полирования малогабаритных деталей;
- 2) для обработки деталей больших габаритов (табл. 4).

Шлифовально-полировальный станок модели 385 имеет два шпинделя с приводом от двух электродвигателей (фиг. 12). Оба



Фиг. 12. Шлифовально-полировальный станок модели 385 витебского завода «Красный металлист» имени Кирова:

1 — шпиндели; 2 — электродвигатели для привода шпинделей; 3 — подшипники; 4 — станина; 5 — шпиндельная бабка.

шпинделя, снабженные консольно расположенными шкивами, вмонтированы в одинаковые шпиндельные бабки, установленные на станине. Такое конструктивное решение станка дает возмож-

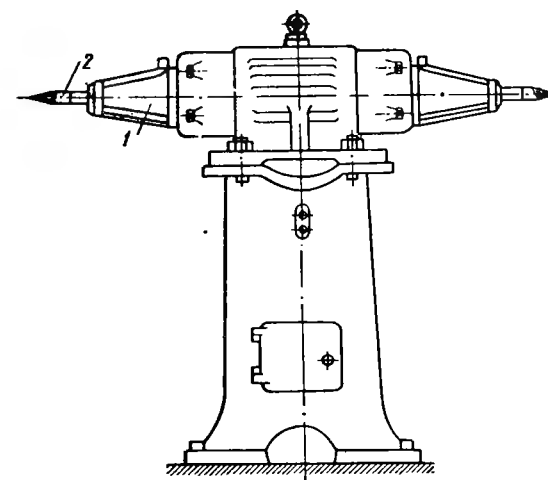
Таблица 4

Характеристика шлифовально-полировальных станков

Элементы характеристики	Станок модели 385 с двумя электродвигателями		Станок модели 385А с одним электродвигателем
	тип 1	тип 2	
Мощность электродвигателя в <i>квт</i>	3	3 или 2,2	2,2
Число оборотов шпинделей в минуту	2000	2000	1545
Расстояние между кругами в <i>мм</i>	1600	1200	1020
Расстояние от круга до станины в <i>мм</i>	300	130	—
Габариты станка в <i>мм</i>	1830×830×1150	1430×830×1150	1220×500×1050
Занимаемая станком площадь пола в <i>мм</i>	1000×620	1000×625	—

ность сравнительно легко заменять шкивы, изменяя в случае необходимости обороты шпинделя от 1300 до 3000 об/мин.

Станки-моторы. Эти станки очень просты по конструкции, снабжены облегченной, иногда сварной станиной, на которой устанавливается электродвигатель. Шпинделем станка служит удлиненный вал электродвигателя, что значительно снижает его жесткость. В связи с этим понижается производительность, преждевременно изнашиваются подшипники, возникают большие



Фиг. 13. Станок-мотор двусторонний с коническими фланцами.

вибрации станка, вызывающие биение круга. Все это ограничивает применение таких станков.

Станки с укороченным концом шпинделя не дают больших вибраций, но могут быть применены только для различных мелких работ. Чтобы увеличить жесткость шпинделей, к корпусу электродвигателя привинчивают удлиненные конические фланцы, в которых устанавливают подшипники. Станок с удлиненными коническими фланцами показан на фиг. 13. Эти фланцы 1 как бы создают дополнительную опору для шпинделя 2 около места крепления круга.

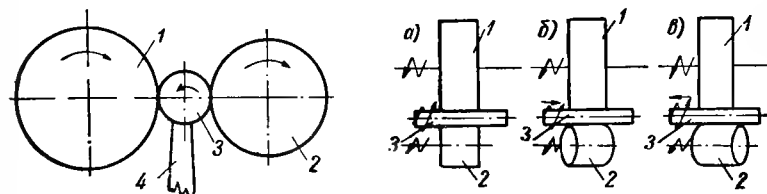
В зависимости от числа оборотов электродвигателей станки-моторы можно подразделить на следующие три основные группы:

- 1) станки, имеющие 590—930 об/мин., мощность электродвигателя 0,6—2,2 *квт*;
- 2) станки, имеющие 1400—1450 об/мин., мощность электродвигателя 0,8—3,0 *квт*;
- 3) станки, имеющие 2800—3000 об/мин., мощность электродвигателя 1,2—3,7 *квт*.

Полировальные станки с гибким валом. Эти станки подразделяются на электрические и пневматические и очень просты по конструкции. От мотора, соединенного гибким валом с рабочей головкой, несущей шпиндель, вращение передается полировальному кругу.

Эти станки могут быть переносными или передвижными. Переносные станки устанавливаются около места обработки, а передвижные (более мощные и тяжелые станки) перекачивают на роликах от одного места обработки к другому.

Станки с гибким валом применяются для полирования крупногабаритных деталей, например кузовов автомобилей и т. п. Недостатком этих станков является то, что места включения и вы-



Фиг. 14. Схема действия бесцентровополировального станка.

ключения их находятся около электродвигателя и удалены от рабочего. Это создает неудобства в работе.

За последнее время станки с гибким валом заменяются электрическими и пневматическими машинками с числом оборотов в пределах 5000—25 000 об/мин. Включение дрели (кнопочное или рычажное) расположено около рукоятки. Дрели удобны для отделки сложных профильных изделий с труднодоступными местами.

Бесцентровополировальные станки. Эти станки работают по тому же принципу, что и бесцентровошлифовальные.¹ Деталь устанавливают между двумя вращающимися кругами — ведущим и рабочим — и обрабатывают ее периферией полировального круга 1. Вращение детали 3 осуществляется за счет сил трения, возникающих между ведущим кругом 2 и деталью, а осевое перемещение — за счет осевых сил, возникающих при наклоне оси вращения ведущего круга. При параллельной установке кругов (фиг. 14, а) деталь перемещаться не будет. При наклоне ведущего круга вправо (фиг. 14, б) деталь перемещается вправо, а при наклоне влево (фиг. 14, в) деталь перемещается влево.

Деталь при обработке поддерживается ножом 4, устанавливающим ее по отношению к оси кругов. От правильной установки ножа зависит нормальная работа станка. Если ось вращения детали расположена ниже линии центров кругов, возможно

защемление детали, а если выше, возникают вибрации, так как ведущий круг как бы стремится оторвать деталь от ножа, а полирующий, наоборот, прижимает ее к ножу. Поэтому ось вращения детали должна быть в одной плоскости с осями вращения кругов. Иногда допускается установка длинных слегка изогнутых деталей ниже линии центров кругов, ибо при нормальной установке они вызывают дрожание.

Бесцентровополировальные станки могут работать и торцом круга. В этом случае оси вращения кругов смещаются относительно друг друга и наклоняются под небольшим углом.

Полировальные полуавтоматы, автоматы и автоматические линии. В условиях серийного и массового производства, когда необходимо полировать большое количество одних и тех же деталей, находят широкое применение полировальные полуавтоматы, автоматы, а в отдельных случаях и автоматические линии. На полуавтоматах рабочий устанавливает деталь на станок и снимает ее после обработки. На станках-автоматах весь цикл обработки от установки детали до снятия ее выполняется автоматически. Рабочий осуществляет наладку автомата, следит за его работой и за тем, чтобы бункерное устройство механизма, подающего детали на станок, не оказалось пустым.

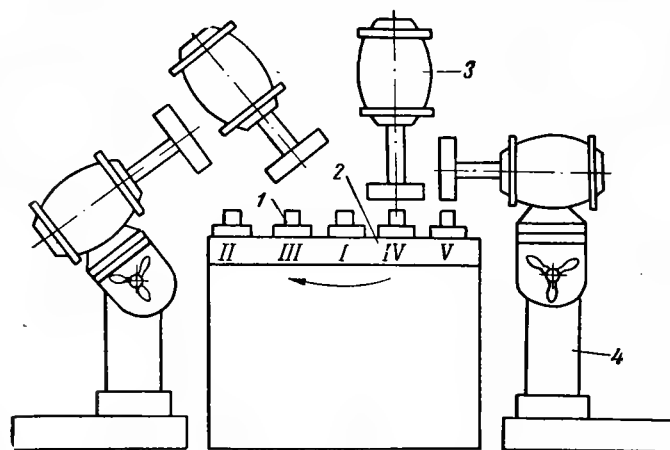
В автоматизированных полировальных станках применяются стандартные полировальные головки, устанавливаемые на самостоятельной станине. Эти головки дают возможность поворачивать шпиндель в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При установке головок в различных комбинациях на станке можно получить различные типы полировальных автоматов и полуавтоматов на основе агрегатных настроек. На фиг. 15 приведена конструктивная схема одного из таких полуавтоматов с круглым столом 2, несущим пять шпинделей деталей 1. Полировальные бабки 3 установлены на переносных поворотных стойках 4.

Кроме агрегатных станков, существует много автоматов и полуавтоматов специального назначения: автомат для полирования ленты, полуавтомат для отделки ободов колес велосипедов и др.

Нередко полировальные автоматы встраиваются в автоматические линии обработки различных деталей. Так, в автоматической линии цеха-автомата 1ГПЗ по производству подшипников встроены бесцентровые автоматы для полирования желобов колец подшипников.

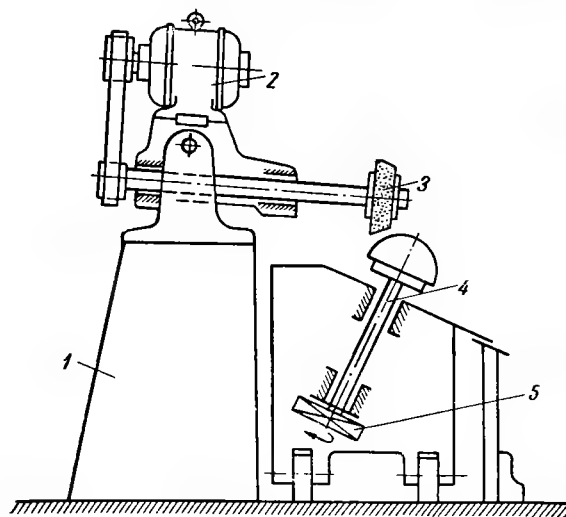
Для деталей массового производства, требующих несколько полировальных операций, создаются автоматические линии. Они большей частью представляют собой совокупность ряда простейших полировальных станков, связанных между собой подвижными столами с устанавливаемыми на них деталями. Размеры этих линий зависят от величины и сложности обрабатываемых деталей. Например, полирование рефлекторов автомобиля осуществляется на десяти позициях с постепенным переходом к более тонким

¹ О бесцентровошлифовальных станках см. вып. 4 настоящей Библиотечки.



Фиг. 15. Конструктивная схема многшпиндельного полировального полуавтомата с круглым столом, работающего без подачи круга:

1 — шпиндели изделия (5 шт.); 2 — вращающийся пятипозиционный стол; 3 — полировальные бабки (4 шт.); 4 — переносная поворотная стойка.



Фиг. 16. Схема устройства стола и полировальной бабки простой полировальной автоматической линии:

1 — станина полировальной бабки; 2 — электродвигатель; 3 — полировальный круг; 4 — шпиндель изделия; 5 — шестерня привода шпинделя изделия.

полирующим средствам от одной позиции к другой. Автоматическая линия для этих операций дает большую производительность, поскольку в этой же линии осуществляется окончательное шлифование как подготовительная операция перед полированием. На такой автоматической линии детали обрабатываются одновременно на всех позициях. Подъем и опускание кругов производятся одновременно при помощи специального кулачкового устройства. На фиг. 16 показана схема устройства стола и полировальной бабки простой полировальной автоматической линии.

При проектировании автоматической линии полирования необходимо учитывать, что за время перехода с одной позиции на другую нагревшаяся на предшествующей операции деталь должна остыть. Это осуществляется принудительным охлаждением или установкой нерабочих позиций в линии, на которых во время обработки других деталей нагревшиеся детали охлаждаются.

9. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛИРОВАНИЯ

Полирование эластичными кругами, как и другие отделочные операции, обычно производится в конце технологического процесса изготовления деталей.

Операция полирования эластичным кругом представляет собой процесс обработки, осуществляемый на одном станке и состоящий из совокупности переходов, выполняемых полировальными кругами с нанесенным на них абразивным зерном или пастой определенной зернистости.

Переход — это часть операции, выполняемая одним кругом. Каждый переход состоит из приемов, необходимых для обработки всех частей профиля обрабатываемой детали. Чем сложнее профиль обрабатываемого изделия, тем больше приемов содержит переход.

Отдельные части профиля детали иногда невозможно обработать на одном станке. Их обработку переносят на другие полировальные станки. Таким образом, гладкость и блеск поверхности каждой группы деталей достигаются при различном количестве операций, переходов и приемов.

Разработка технологического процесса полирования начинается с определения по чертежу поверхностей детали, подлежащих полированию, точность и чистоту которых можно обеспечить на полировальных станках обработкой эластичными кругами. Чтобы процесс полирования был производительным, требуется в достаточной мере подготовить поверхность на предыдущей операции; необходимо также правильно выбрать количество операций, переходов и установить рациональные режимы полирования.

Подготовка поверхности к полированию. При невысоких требованиях к чистоте поверхности шероховатость поверхности детали до полирования должна быть не ниже 6-го класса (ГОСТ 2789—59).

Полированием можно повысить чистоту поверхности за один переход на 1—2 класса. В случае необходимости обеспечить высокие классы чистоты поверхности предварительная подготовка последней должна осуществляться как можно лучше (7-й, 8-й или 9-й класс), чтобы полирование можно было осуществить за меньшее число переходов. Макрогеометрия детали полированием не исправляется. Точность формы детали должна обеспечиваться на операциях, предшествующих полированию. Незначительного улучшения макрогеометрии при полировании можно добиться при условии больших затрат, поэтому такая обработка допускается в исключительных случаях (например, при полировании пера лопаток газотурбинных двигателей).

Большие дефекты поверхности должны быть устранены на обдирочных шлифовальных станках, и после этого деталь передается на полирование.

Переходы, съем металла и чистота поверхности. Переходы, их характер и количество зависят от обрабатываемого материала, требований к чистоте полированной поверхности, состояния поверхности, величины припуска и исходной шероховатости.

Изделия с грубой исходной поверхностью подвергаются большому числу переходов, так же как и при наличии больших припусков. Припуск на полирование находится в пределах 0,12—0,3 мм. На поковках, имеющих раковины от окалины, снимаемый припуск может быть еще больше. Сначала удаляются окалина и глубокие раковины полировальным кругом зернистостью 36—46, затем обдирают всю поверхность кругом зернистостью 60—80. Глубокие риски, оставшиеся после такой обработки, выводят кругом зернистостью 100—120 и затем кругом зернистостью 180—230. В некоторых случаях производится окончательное полирование пастами.

Точеные и штампованные детали обычно имеют более ровную поверхность, что значительно уменьшает количество переходов. Первые переходы для этих деталей осуществляются кругами зернистостью 100—120 и затем зернистостью 180—230. Окончательное полирование осуществляется пастами. Типичный порядок переходов приведен в табл. 5. В зависимости от требуемой чистоты и подготовки поверхности к полированию количество переходов сокращается до 2—3, при этом могут выполняться переходы 1—2—3; 2—3—4; 3—4—5; 2—3 или 3 и 4 (табл. 5).

Последовательность операций и количество переходов могут несколько отличаться от рассмотренных выше в зависимости от условий обработки.

Режимы полирования. К режимам полирования относятся скорость вращения полировального круга и давление круга на изделие во время обработки.

Важное значение при полировании имеет правильный выбор окружной скорости круга, которая в основном определяется обрабатываемым материалом. Рекомендуемые окружные скорости полировального круга приведены в табл. 6.

Последовательность переходов при полировании и зернистость абразивного зерна

№ переходов	Название переходов	Зернистость абразивного зерна	Классы чистоты обработанной поверхности
1	Грубая обдирка	36—46	6
2	Шлифование	60—80	7—8
3	Предварительное полирование	100—150	8—9
4	Окончательное полирование	180—230	9—10
5	Зеркальное полирование	M10—M5 и тонкая паста ГОИ	11—12

Окружная скорость полировальных кругов в м/сек

Полирующие средства	Полируемый металл		
	сталь, никель, хром	медь, латунь, бронза	алюминий, цинк, свинец
Абразивное зерно	20—35	16—25	12—20
Паста	30—50	25—45	20—30

Полировальные круги изготавливаются диаметром не более 500 мм. Круги средних размеров диаметром 300—350 мм имеют 2000—2400 об/мин. В некоторых случаях в зависимости от конкретных условий (род металла, профиль детали и т. п.) полирование ведется кругами диаметром 500 мм при 1200—1400 об/мин. или же кругами диаметром меньше 200 мм при 3000 об/мин.

Давление круга на деталь составляет 2,5—5 кг/см длины контакта круга с деталью; большее давление применяют для предварительных, а меньшее — для окончательных проходов.

10. ПРИМЕРЫ ПОЛИРОВАНИЯ ЭЛАСТИЧНЫМИ КРУГАМИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЗАВОДАХ

Полирование деталей медицинских инструментов. Осуществляется в большинстве случаев эластичными полировальными кругами за три операции: предварительное грубое полирование, чистовое полирование и окончательное полирование или глянцеование после никелирования. Все эти операции производятся на полировальных станках с числом оборотов шпинделя 1300—1500 об/мин. кругами диаметром 200—450 мм.

Полирование корпуса стерилизатора. Материал — латунь Л62. Габариты детали $190 \times 90 \times 400$ мм. Чистота поверхности до обработки 7-го класса.

Предварительное полирование осуществляют матерчатым кругом, накатанным электрокорундом зернистостью 180; съём металла 19,4 г, чистота поверхности после полирования 9-го класса.

Чистовое полирование ведут матерчатым кругом с пастой из электрокорунда нормального М20; съём металла 9,4 г, чистота поверхности 10-го класса.

Глянцевание производят мягким матерчатым кругом с пастой из окиси хрома; съём металла 0,9 г, чистота поверхности 13-го класса.

Глянцевание по никелю: съём металла 0,17 г, чистота поверхности 13-го класса.

Полирование специального зажима. Материал — сталь 3Х13, габариты детали $40 \times 3 \times 145$ мм. Чистота поверхности до обработки 6-го класса.

Предварительное полирование ведут матерчатым кругом, накатанным электрокорундом зернистостью 80; съём металла 3,44 г, чистота поверхности 7-го класса.

При чистовом полировании применяют матерчатый круг с пастой из электрокорунда нормального М20; съём металла 0,9 г, чистота поверхности 10-го класса. Для глянцевания берут мягкий матерчатый круг с пастой из окиси хрома, съём металла 0,06 г, чистота поверхности 12-го класса.

Полирование деталей велосипеда. В большинстве случаев полирование поверхностей деталей велосипеда, за исключением труднообрабатываемых поверхностей, производится на станках-автоматах и полуавтоматах.

Полирование руля велосипеда. Предварительное полирование осуществляют на бесцентровополировальном станке, а затем вручную. Полировальный круг — матерчатый, накатанный электрокорундом 180, смазанный маршалитовой пастой; съём металла 3—4 г, чистота поверхности 7-го класса.

Предварительное полирование вручную ведут матерчатым кругом, накатанным электрокорундом 180 и смазанным маршалитовой пастой; съём металла 2—3 г, чистота поверхности 9—8-го класса.

Полирование по меди осуществляют мягким бязевым полировальным кругом с пастой из окиси хрома; съём металла 1,15—1,25 г, чистота поверхности 10-го класса.

Для полирования по никелю берут мягкий бязевый полировальный круг с пастой из окиси хрома; съём металла 0,25—0,3 г, чистота поверхности 10-го класса.

Полирование втулки заднего колеса. Предварительное полирование осуществляют на полуавтомате бязевым полировальным кругом, накатанным электрокорундом 140; съём металла 2,7—3,5 г, чистота поверхности 8-го класса.

Для чистового полирования применяют полуавтоматы с бязе-

вым кругом, накатанным электрокорундом 230 и смазанным солидолом; съём металла 0,15—0,3 г, чистота поверхности 9-го класса.

Полирование по никелю (глянцевание) ведут мягким бязевым полировальным кругом с пастой из окиси хрома; съём металла 0,1—0,15 г, чистота поверхности 11-го класса.



Фиг. 17. Рабочий узел бесцентрового автомата для полирования желобов наружных колец подшипников:

1 — полировальный круг; 2 — кольцо; 3 — трубка, через которую подается абразивная суспензия.

Полирование желоба наружного кольца шарикоподшипника в автоматическом цехе. Полирование осуществляют на бесцентровом автомате (фиг. 17) войлочным кругом 1, на который к месту контакта с изделием 2 циклически подается через трубку 3 абразивная суспензия, представляющая смесь микропорошка электрокорунда зернистостью М28 с охлаждающей жидкостью; скорость круга 22 м/сек, давление на кольцо 3—4 кг. Чистота поверхности желоба после полирования 11-го класса.

Для большей стойкости войлочный круг подвергается пропитке 15—20-процентным раствором бакелита и затем сушке.

11. ПОЛИРОВАНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ

Серебро, золото и их гальванические покрытия полируют вручную. Инструментом служат полировальники, рабочую головку которых изготовляют из кровавика (минерала, содержащего окись железа). Для предварительных проходов по серебру

полировальники изготовляют из стали. Надавливая полировальником на металл и перемещая его по поверхности изделия быстрыми возвратно-поступательными движениями, сглаживают имеющиеся неровности. Во время обработки полировальник из стали смачивают мыльной водой.

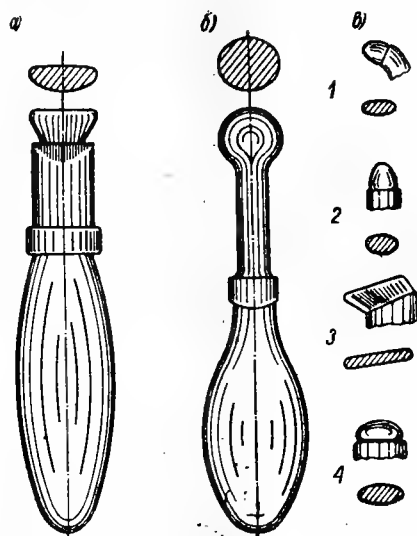
Полирование золота и платины производят полировальниками из кровавика. Форма рабочей головки полировальника изменяется в зависимости от их назначения. На фиг. 18 показаны два полировальника и головки из кровавика различного назначения.

Рабочая поверхность полировальников не должна иметь штрихов и царапин. Гладкость их поддерживается периодическим полированием, осуществляемым вручную по коже, посыпанной крокусом (окись железа), окисью хрома и т. п. Штрихи, царапины и другие неровности перед шлифованием устраняются шлифовальной шкуркой.

В практике имеет место механизированное полирование

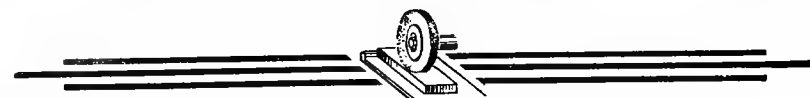
гальванических серебряных покрытий, осуществляемое за несколько переходов на станках с числом оборотов шпинделя 900—1450 об/мин. При полировании в два перехода один из них осуществляют байковым кругом, слегка смоченным керосином, другой — байковым кругом, смазанным крокусной или известковой пастой.

При полировании серебра и золота потери металла не наблюдаются.



Фиг. 18. Полировальники и профили их головок: а — полировальник из кровавика для обработки плоскостей; б — полировальник из стали для предварительной обработки больших открытых поверхностей из серебра; в — головки из кровавика:

1 — для полирования внутренних поверхностей; 2 — для полирования узоров из тонких линий; 3 — для полирования узких узоров; 4 — для полирования небольших открытых поверхностей.



ГЛАВА III

ПОЛИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ШКУРКОЙ И БЕСКОНЕЧНОЙ АБРАЗИВНОЙ ЛЕНТОЙ

За последние годы применение шлифовальной шкурки для полирования металла получило широкое распространение. Появился новый абразивный инструмент — бесконечная абразивная лента, на основе которой были разработаны новые методы обработки металлов — ленточное шлифование и полирование. Применение абразивных лент дало возможность заменить войлочные и фетровые полировальные круги при обработке фасонных деталей, механизировать ручные полировальные операции, а в отдельных случаях создать высокопроизводительные ленточношлифовальные и ленточнополировальные полуавтоматы.

12. ШЛИФОВАЛЬНАЯ ШКУРКА, АБРАЗИВНЫЕ ЛЕНТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Шлифовальная шкурка состоит из основы — полотна или бумаги, на поверхности которой закреплен слой абразивных зерен. Основой полотняной шкурки является нанка, бязь, саржа, а основой бумажной шкурки — специальная бумага марок БШ-200, БШ-140, БШ-120, БШ-100 (ГОСТ 5069—52).

Качество шлифовальной шкурки определяется прочностью основы и клея, удерживающего абразивные зерна. Прочно укрепленные на основе абразивные зерна не выкраиваются при первом соприкосновении с обрабатываемой поверхностью и продолжают резать до их полного износа, что обеспечивает высокую производительность и стойкость лент и шкурок.

Полотняные шкурки во время работы, т. е. под нагрузкой, растягиваются. Удлинение лент, вызванное растяжением основы шкурки, нарушает целостность абразивного слоя и приводит к преждевременному износу шкурки. Поэтому основу ленты выбирают в зависимости от режима работы (нагрузки). При работе с большими нагрузками берут наиболее прочные ленты, например на нанке, а при малых нагрузках — менее прочные.

Характеристики прочности ткани и бумаги, применяемых для производства шкурки, приведены в табл. 7, из которой видно, что наиболее прочной бумагой является БШ-200. Шкурка, изготовленная на этой бумаге, во многих случаях заменяет полотняную шкурку без заметного снижения производительности и стойкости.

Таблица 7

Характеристика ткани и бумаги, применяемых для производства шлифовальной шкурки

Наименование ткани и бумаги	Сопротивление разрыву в направлении		Удлинение в направлении	
	продольном	поперечном	продольном	поперечном
	в кг (не ниже)		в % (не более)	
Бязь	42	40	11—15	11—15
Нанка (артикул 1137)	68	30	10—14	7—11
Саржа № 2	105	35	18—22	7—11
БШ-100	14	6,5	—	—
БШ-120	15	8	—	—
БШ-140	18	10	—	—
БШ-200	23	12	—	—

В зависимости от абразивных материалов применяются различные шлифовальные шкурки: электрокорундовая, монокорундовая, карбид-кремниевая, кремниевая, стеклянная. По зернистости шлифовальные шкурки выпускаются с номерами от 16 до М40. Находят применение также шкурки с более мелким зерном, называемые иногда бархатными, изготавливаемые по специальным заказам.

Абразивный материал шкурки и зернистость ее выбирают в зависимости от условий работы и требований к обрабатываемой поверхности. Часто для полирования применяются в последовательности шкурки нескольких номеров зернистости. Для работы с охлаждением применяется специальная водоупорная (водостойкая) шкурка, которую изготавливают на специальных лаках и смолах. Водоупорная шлифовальная шкурка изготавливается на бумаге повышенной прочности и ткани. Абразивным материалом такой шкурки обычно является карбид кремния специального распада, который наносится на основу электростатическим методом.

Шлифовальная шкурка выпускается в рулонах и листах в зависимости от зернистости и ее основы.¹

¹ Более подробно о шлифовальной шкурке см. вып. 1 настоящей Библиотечки.

Абразивные ленты вырезают из рулонной шлифовальной шкурки и применяют в виде рулонов (бобин) или бесконечных лент. Для изготовления бесконечной ленты используют бобины необходимой ширины, отрезают ленту соответствующей длины и концы ленты склеивают.

Абразивные ленты изготавливают на бумажной и тканевой основе.

За границей иногда применяется комбинированная полотняно-бумажная основа. Это экономически оправдывается тогда, когда применение высококачественной полотняной основы значительно удорожает операцию, а бумажная основа неприемлема из-за высокой нагрузки при резании.

Наряду с абразивными лентами применяются текстильные полировальные ленты (жгуты), на которые наносятся пасты.

В зависимости от назначения абразивные ленты можно разделить на три группы:

- 1) текстильные ленты, покрытые пастами;
- 2) абразивные ленты с тонким слоем абразивного зерна или абразивные ленты из рулонной шлифовальной шкурки; абразивный слой, толщина которого в 1,5—4 раза превышает размер зерна, укрепляется на основе ленты мездровым или синтетическим клеем или жидким стеклом;
- 3) ленты с толстым слоем абразивного зерна — гибкие абразивные ленты, связкой которых является резина или синтетические смолы. Толщина абразивного слоя у этих лент 3—8 мм.

Первая группа лент — это текстильные жгуты, покрытые абразивными пастами; они находят широкое применение на полировальных работах подшипникового производства.

Вторая группа лент имеет наибольшее распространение. Ленты этой группы могут быть специально изготовлены, иногда с абразивными зёрнами, нанесенными двумя-тремя слоями, что значительно увеличивает срок их службы. Чаще всего ленты этой группы склеиваются из обычной или водоупорной шлифовальной шкурки.

Третья группа — гибкие абразивные ленты. Основой этих лент служат бесконечные ремни, сшитые из бейтинга или подобной ткани.

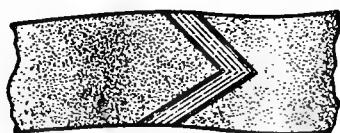
Для увеличения эластичности гибкие абразивные ленты делают с рифленой или точечной поверхностью. Их изготавливают из электрокорунда и карбида кремния зернистостью 24—230, но в связи с малой эластичностью и высокой стоимостью эти ленты находят ограниченное применение. К преимуществам этих лент относятся: высокая стойкость благодаря большой толщине абразивного слоя, обеспечение ими более высокой чистоты поверхности при том же номере зернистости, что у ленты из шлифовальной шкурки.

Наибольшее распространение имеют ленты, склеенные из шлифовальной шкурки. Единственный недостаток этих лент — наличие шва, который нарушает однородность рабочей поверхности ленты и снижает прочность ленты по краям шва. Однако эти ленты можно очень просто изготовить из шлифовальной шкурки и

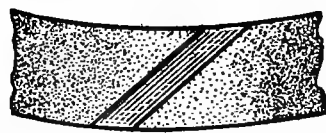
они дешевле бесшовных. Абразивная лента, изготовленная из шлифовальной шкурки, склеивается в стык и внахлестку. Наиболее рационально склеивать ее внахлестку шевронным (фиг. 19) или косым швом (фиг. 20). Шов делают на очищенных от абразивного слоя концах ленты, поэтому толщина шва не превышает средней толщины ленты и тем самым удары в работе сводятся до минимума.

Абразивными лентами можно обрабатывать разнообразные детали из различных материалов. В зависимости от размеров обрабатываемых деталей применяемые абразивные ленты могут быть шириной 10—775 мм, а иногда и более (до 3000 мм) и склеиваются из нескольких полос длиной 500—7000 мм.

Шлифовальные шкурки и абразивные ленты находят широкое применение на различных зачистных, шлифовальных и полиро-



Фиг. 19. Абразивная лента, склеенная шевронным швом.



Фиг. 20. Абразивная лента, склеенная косым швом.

вальных операциях. Их высокая эластичность и небольшая толщина дают возможность успешно обрабатывать труднодоступные места и узкие пазы деталей машин. Все большее применение находят абразивные ленты для отделки различных поверхностей при обработке деталей фасонного профиля, прутков, труб и листов, а также при доводке фильер и матриц. Абразивными лентами можно обрабатывать стальные и чугунные детали различных конфигураций и размеров, цветные металлы и сплавы, а также осуществлять заточку твердосплавных инструментов. Широкое распространение ленточного шлифования и полирования можно объяснить тем, что обработка абразивными лентами имеет большие преимущества по сравнению с обработкой шлифовальными кругами.

1. Рабочая поверхность ленты может в несколько раз превышать рабочую поверхность круга. Это не только повышает производительность обработки, но улучшает резание ввиду лучшего рассеивания тепла.

2. Исключается балансировка круга, что значительно сокращает время наладки станка и смены инструмента.

3. С износом ленты скорость обработки остается постоянной, тогда как с износом круга его диаметр уменьшается, что ведет к снижению скорости и эффективности обработки.

4. Лента отличается большой эластичностью, работает плавно и безударно даже при изменяющейся нагрузке.

5. Простота конструкции станков дает возможность получать требующееся шлифующее или полирующее действие ленты за счет изменения ее скорости, замены контактных роликов и др.

6. С помощью ленты можно обрабатывать плоские, круглые, фасонные, выпуклые и вогнутые поверхности с равномерным снятием припуска.

7. Применение ленты дает возможность механизировать ручные полировальные операции с переходом на полуавтоматическую обработку.

Ленточное шлифование и полирование имеет и недостатки. Например, наличие шва нарушает однородность ленты, понижает ее прочность, затрудняет получение высокой точности обработки; надо отметить, что еще не все резервы повышения точности использованы в настоящее время. Эти недостатки не оказывают значительного влияния на развитие ленточного шлифования и полирования, и с каждым годом появляются новые ленточношлифовальные и ленточнополировальные станки.

13. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИРОВАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНОЙ ШКУРКОЙ И АБРАЗИВНОЙ ЛЕНТОЙ

Полирование шлифовальной шкуркой осуществляют вручную или при помощи недорогих и простых приспособлений. Шлифовальную шкурку закрепляют на специальном диске и вместе с ним приводят во вращение. Вращающийся диск со шлифовальной шкуркой подводят к обрабатываемой поверхности и легким нажимом полируют ее. При ленточном полировании натянутая между двумя шкивами бесконечная абразивная лента приводится в движение со скоростью 25—30 м/сек, а обрабатываемая деталь в зависимости от вида полирования, ее размеров и конфигурации получает необходимые движения подачи.

Технология полирования шлифовальной шкуркой или абразивной лентой зависит от конфигурации и размеров обрабатываемой детали, требующейся чистоты поверхности и точности, материала детали, а также от количества деталей в партии. Полирование состоит из следующих этапов:

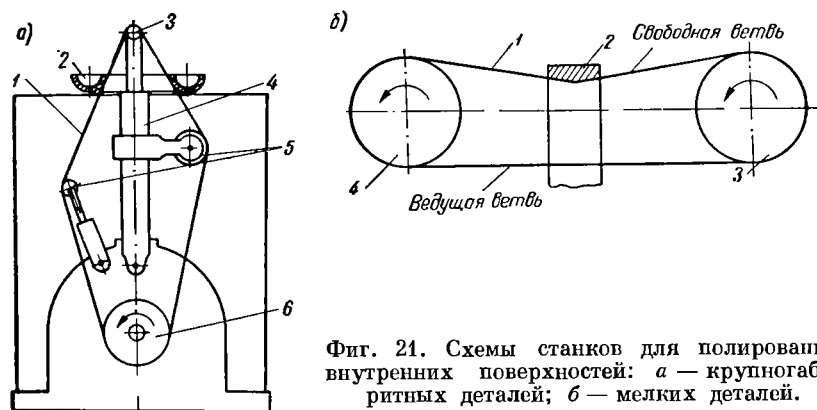
- 1) выбор метода;
- 2) определение числа переходов и назначение характеристик шлифовальной шкурки или абразивной ленты для каждого перехода;
- 3) назначение режимов полирования с выбором того или иного типа контактного ролика при ленточном полировании.

Методы полирования шлифовальной шкуркой и абразивной лентой. Полирование шлифовальной шкуркой осуществляют различными способами: вручную; вращающимся диском, на торце которого закрепляют шкурку; абразивной щеткой, в которой шкурку располагают с односторонним закреплением отдельных

ее листов по всей периферии щетки (фиг. 28 и 29); кругами, составленными из шлифовальной шкурки.

Ленточнополировальные станки разнообразны по конструкции и назначению. В настоящее время выпускаются ленточнополировальные станки для наружного круглого центрового и бесцентрового полирования, для шлифования и полирования лопаток турбин и компрессоров, для полирования коленчатых валов и кулачковых валиков, беговых дорожек наружных и внутренних колец подшипников и др. На этих станках можно производить обдирочное и чистовое шлифование и полирование деталей.

Современное ленточное полирование осуществляется следующими способами: полированием на свободной ветви ленты



Фиг. 21. Схемы станков для полирования внутренних поверхностей: а — крупногабаритных деталей; б — мелких деталей.

(фиг. 21); контактным полированием (полированием на контактных роликах или с подкладной плитой); профильным контактным полированием; бесцентровым ленточным полированием; полированием рулонной лентой и др.

Полирование на свободной ветви ленты применяют для обработки криволинейных поверхностей деталей и профильных отверстий. На фиг. 21, а дана схема станка для полирования профильных отверстий крупногабаритных деталей с использованием узких лент.

Абразивная лента 1, поддерживаемая направляющим роликом 3, приводится в движение ведущим диском 6. Деталь 2 для полирования подводится к абразивной ленте. Натяжение ленты создается натяжным роликом 5. Выдвижной конец стойки 4 в зависимости от положения обрабатываемой детали можно поворачивать в гнезде для установки под любым углом.

Для полирования мелких отверстий в фильерах, матрицах и других деталях применяют станок, схема которого показана на фиг. 21, б. Узкая абразивная лента 1 пропускается через обрабатываемое отверстие детали 2 и натягивается между ведущим 3 и направляющим 4 роликами. Чтобы обеспечить требуемое натяжение

ленты, сьем и установку при вкладывании ее в отверстие новой обрабатываемой детали, направляющий ролик 4 снабжают натяжной пружиной.

Кроме того, имеются ленточнополировальные станки для обработки внутренних поверхностей труб диаметром 16—225 мм и длиной до 17 м. Полирующая лента при работе на этих станках пропускается сквозь трубу.

Контактное полирование — наиболее распространенный вид ленточного полирования. Станки, работающие по этому методу, отличаются простотой конструкции и универсальностью. Настольную полировальную головку со встроенным электродвигателем можно легко приспособить для работы с абразивной лентой, установив заднюю бабку с натяжным роликом.

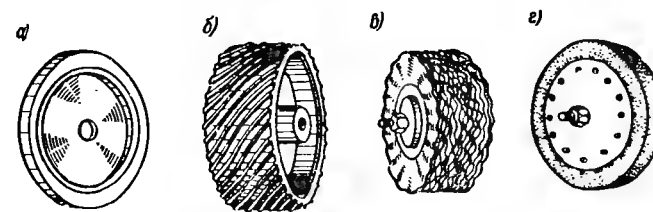
На фиг. 22 показан ленточный станок, работающий по контактному методу. На этом станке можно осуществлять шлифование и полирование деталей. Обрабатываемую деталь подводят к ленте и прижимают к ней в зоне контакта с роликом 4. Эффективность полирования зависит не только от характеристики ленты, но и от правильного выбора контактного ролика.

Контактный ролик представляет собой алюминиевый диск с эластичным ободом толщиной 3—15 мм из резины, фибры, фетра, ткани и др. (фиг. 23).



Фиг. 22. Двусторонний ленточный станок:

1 — абразивная лента; 2 — натяжной ролик; 3 — устройство для натяжения ленты; 4 — контактный ролик (одновременно и ведущий); 5 — кожух.



Фиг. 23. Контактные ролики: а — покрытые гладкой резиной; б — то же резиной с ребристой поверхностью; в — то же тканью; г — то же фиброй.

Контактные ролики большого диаметра (400—500 мм) делают сборными. Они состоят из ступицы с двумя литыми фланцами, изготовленными из цинкового сплава, между которыми зажата

пневматическая камера с гладкой или рифленой покрывкой типа автомобильных шин. Упругие свойства этого контактного ролика можно регулировать, изменяя величину давления в пределах $0,07-0,7 \text{ кг/см}^2$.

Контактные ролики с рифленым ободом несколько удлиняют срок службы ленты, так как в образующихся между рифлениями карманах скапливается стружка и лента меньше засаливается. Ширина выступа обычно больше ширины впадин обода. Применение контактных роликов повышает съём металла за счёт более высокого удельного давления, но несколько ухудшает чистоту обработанной поверхности.

Для шлифования применяются контактные ролики с ободом твердостью по Шору 70—80 единиц, а для полирования — твердостью 40—60 единиц.

Профильное контактное полирование осуществляют с помощью специального контактного профильного эластичного ролика, который устанавливают между ведущим и натяжным роликами, или иногда он сам является ведущим.

Бесцентровое ленточное шлифование применяют для отделки прутков и труб из различных материалов. Станки этого типа имеют две бабки с рабочей и ведущей бесконечными лентами. Для исключения проворачиваемости детали ведущая лента поджимается к детали подкладной плитой. Обработываемое изделие, находящееся между двумя лентами, опирается на нож.

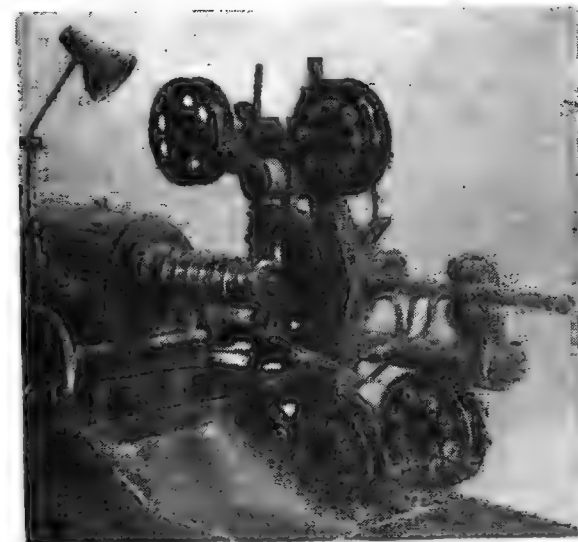
Полирование рулонной лентой имеет широкое распространение в подшипниковой промышленности. Быстровращающаяся деталь соприкасается с полирующей лентой, которая по мере износа медленно разматывается с рулона, или изношенный участок заменяют новым, перемещая ленту рывками после обработки каждой детали. Прижим ленты к детали осуществляется пневматической или гидравлической колодкой. На фиг. 24 показан станок для полирования рулонной лентой беговых дорожек внутренних колец крупногабаритных подшипников. Этот станок работает по полуавтоматическому циклу, полируя последовательно семь деталей за одну установку.

Режимы полирования, точность изделий и чистота поверхности. Точность и чистота обработанной поверхности зависят от выбранного метода и режимов полирования. Наиболее чистая поверхность при небольших съемах припуска получается при полировании на свободной ветви ленты. Для увеличения производительности применяют контактные ролики; конструкция и материал для этих роликов выбираются в зависимости от назначения полирования. Контактный ролик с ободом из войлока, фетра или мягкой резины дает более чистую обработанную поверхность и применяется на окончательных операциях. Контактный ролик с ободом из твердой резины используют для предварительных операций. С увеличением твердости ролика и с уменьшением его диаметра увеличивается съём металла, а вместе с этим ухудшаются

точность обработки и чистота обработанной поверхности. При полировании плоских поверхностей опорой чаще всего является стальная плита, иногда облицованная резиной.

Чем сложнее форма обрабатываемого изделия и чем выше требуемая чистота поверхности, тем более эластичным должен быть контактный ролик или тем более мелкозернистой должна быть абразивная лента.

Производительность и чистота обработки в значительной мере зависят от скорости движения ленты и давления на деталь. С уве-



Фиг. 24. Ленточнополировальный станок, работающий рулонной лентой.

личением скорости ленты заметно улучшается чистота обработанной поверхности.

Плоские и малопрофилированные поверхности деталей из чугуна, бронзы и стали обрабатывают при скорости движения ленты 15—20 м/сек, а цилиндрические — при скорости 30—40 м/сек. При шлифовании титана наивыгоднейшей скоростью ленты считается 12—15 м/сек, так как при более высоких скоростях ленты быстро изнашиваются, а при шлифовании и полировании легких металлов рекомендуют более высокие скорости (до 40—45 м/сек).

Шлифование твердого сплава ведется при скорости движения ленты 15—18 м/сек. Увеличение скорости ленты ограничивается жесткостью станка, так как возникающие при больших скоростях вибрации заметно ухудшают качество обработки. Поэтому в отдельных случаях скорость движения ленты устанавливают в зависимости от жесткости используемого станка.

Режимы шлифования и поли

Материал детали	Форма обрабатываемой поверхности	Тип опоры	Характери
			Абразивный материал
Сталь	Плоскость Фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Плита или контактный ролик Контактный ролик	ЭБ
Чугун	Плоскость и фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Контактный ролик	КЗ
Медь	Плоскость и фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Контактный ролик	КЗ
Латунь	Плоскость и фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Контактный ролик	КЗ
Бронза		Контактный ролик	ЭБ
Алюминий	Плоскость и фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Контактный ролик	КЗ
Свинец	Плоскость и фасонная поверхность Цилиндры и фасонные тела вращения	Плита Контактный ролик	КЗ

рование абразивными лентами

стика ленты		Скорость ленты в м/сек	Удельное давление в кг/см ²	Охлаждающая жид- кость или материал для смазки ленты
Зернистость абразива				
при шлифо- вании	при полировании			
60—120 60—120 24—80	180—230 180—280 (или пасты) 180—280 (или пасты)	10—15 15—20 35—40	0,5—1 0,5—2 0,5—2	Сульфифрезол, масляные эмуль- сии, тальк, жир
24—80 —	120—180 —	15—20 30—35	0,5—2 0,5—2	Содовый раствор
60—120 36—180	180—230 230—М40 (или пасты)	12—15 35—40	До 0,3 До 0,3	Масляные эмульсии, жир
36—120 36—120	180—230 180—230 (или пасты)	20—25 35—40	До 0,4 До 0,4	—
—	—	15—30	—	—
36—120 36—180	180—230 230—М40 (или пасты)	20—25 35—40	До 0,4	Масляные эмульсии, масло
60—120 24—180	180—230 230—280	12—15 35—40	До 0,3 До 0,3	Масляные эмульсии, масло

Давление на деталь (или детали на ленту) определяет качество и производительность полирования. Увеличение удельного давления приводит к увеличению съема металла, но при этом уменьшается стойкость ленты. При чрезмерно высоком давлении появляются прижоги на обработанной поверхности детали и чистота поверхности ухудшается.

Обычно обработку абразивными лентами осуществляют в два перехода. На первом переходе производится основной съем металла крупнозернистыми лентами, а на втором доводят поверхность детали до требуемой чистоты при незначительном съеме металла лентами более мелкой зернистости. Когда в процессе обработки съем металла не имеет существенного значения, а требуется только обеспечить высокую чистоту поверхности, детали обрабатываются лентами, покрытыми пастами. Для этой цели используют различные пасты, чаще всего пасту следующего состава: 11,0% стерiana, 11,5% парафина; 5,5% технического вазелина, 72% электрокорунда зернистостью М40.

Применение охлаждающих жидкостей при обработке абразивными лентами заметно увеличивает стойкость ленты, съем металла и улучшает качество обработанной поверхности. Однако в ряде случаев полирование абразивными лентами осуществляется всухую. Это объясняется тем, что не все ленточнополировальные станки приспособлены для работы с охлаждающей жидкостью. Когда работа на ленточнополировальных станках ведется вручную, охлаждение применять невозможно.

Режимы, рекомендуемые для обработки абразивными лентами, приведены в табл. 8. Рекомендуемые охлаждающие жидкости обеспечивают более высокую стойкость ленты, лучшую чистоту поверхности и не дают прижогов. Без охлаждения работа производится в том случае, когда требуется очень сложное ограждение от разбрызгивающейся при работе жидкости и его применение увеличивает штучное время полирования деталей, а также в том случае, когда невозможен подвод охлаждения в зону полирования.

Контактное шлифование и полирование абразивными лентами цилиндрических деталей дает точность не свыше 0,01 мм; при обработке крупногабаритных деталей фасонного профиля точность снижается до 0,1 мм. Полирование плоскостей с использованием стальных закаленных опорных плит обеспечивает точность 0,05 мм по неплоскостности и непараллельности.

Точность бесцентрового ленточного полирования не превышает 0,02 мм. Точность ленточного полирования зависит не только от метода обработки, конфигурации и размеров деталей, но и от зернистости ленты и точности предшествующей операции. Применяя более мелкозернистые ленты, можно несколько повысить точность ленточного полирования.

Чистоту полируемой поверхности при обработке абразивными лентами можно получить в широких пределах; она зависит от зернистости ленты, режима работы, охлаждения и других факторов.

Ленты зернистостью 60—180 дают чистоту обработанной поверхности до 9-го класса (ГОСТ 2789—59), зернистостью 180—280 — чистоту 9—10-го класса, а ленты, покрытые пастами, — чистоту 11—12-го класса.

На чистоту полированной поверхности значительно влияет натяжение ленты, особенно при полировании на свободной ветви ленты. Чем выше натяжение ленты, тем более высокую чистоту поверхности можно получить.

При работе новой лентой чистота поверхности получается грубее, чем при работе несколько затупившейся лентой. Поэтому острая лента применяется на предварительных и промежуточных проходах, а притупленная — на окончательных. Заметное улучшение чистоты полируемой поверхности наблюдается в первые минуты работы; дальнейшая обработка заметного улучшения не дает. Поэтому в каждом отдельном случае машинное время полирования предварительно устанавливается пробной проверкой. Только при такой подготовке полирование абразивной лентой эффективно.

Практикой и экспериментами установлено, что при полировании абразивными лентами с зерном из карбида кремния получается более чистая поверхность и за меньшее машинное время, чем при полировании абразивными лентами из электрокорунда той же зернистости.

При полировании жаропрочных сталей с уменьшением размера абразивных зерен ленты заметного улучшения чистоты поверхности не наблюдается. Исходя из этого, рекомендуют жаропрочные стали обрабатывать лентами зернистостью 46—80.

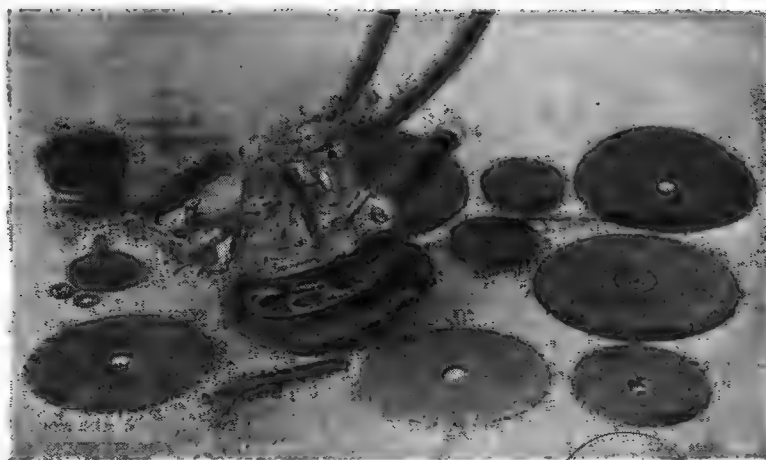
14. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПОЛИРОВАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫМИ ШКУРКАМИ И АБРАЗИВНЫМИ ЛЕНТАМИ

Механизацию полирования шлифовальными шкурками осуществляют с помощью пневматических или электрических машинок, кругов, набранных из шлифовальных шкурок, а также абразивных головок со щетками. Эти приспособления и инструменты можно использовать не только для полирования и шлифования металлических поверхностей, но и для очистки металла от ржавчины, для шлифования шпаклеванных поверхностей и др.

Широкое распространение для полирования металла и шпаклеванных поверхностей получила универсальная пневматическая машинка УПМ-1 (фиг. 25). Она имеет торцовую рабочую сторону. На шпиндель надевается войлочный или резиновый диск, к которому прикрепляется круг, вырезанный из шлифовальной шкурки. Машинка УПМ-1 дает под нагрузкой 1800—1900 об/мин. шпинделя. Для полирования с охлаждением через отверстие в шпинделе подается вода. Так как эти машинки не имеют защитного ограждения от разбрызгивающейся при вращении жидкости, сильно

загрязняющей рабочее место, то полирование ими большей частью осуществляют всухую. В качестве рабочих инструментов можно применять также шлифовальные шайбы и проволочные торцовые щетки.

При использовании шлифовальной шкурки на электрических и пневматических машинках ее клеивают в виде колец (фиг. 26), которые закрепляют на эластичном основании специальных разжимных головок (фиг. 27), устанавливаемых на шпинделях этих машинок.



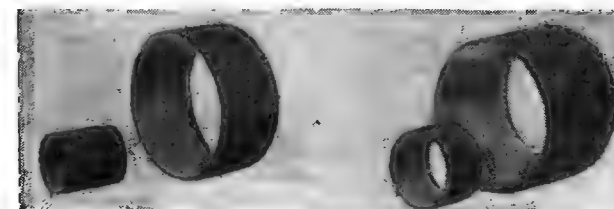
Фиг. 25. Универсальная пневматическая машинка УПМ-1.

В настоящее время находят применение абразивные головки со щетками (фиг. 28), с помощью которых легко можно механизировать полирование фасонных поверхностей. Полирование осуществляется шлифовальными шкурками, которые установлены между волосяными щетками с некоторым выступом. Величина выступа шкурки легко регулируется. Щетки просты по конструкции и удобны в применении. Их можно устанавливать на полировальных, токарных, фрезерных и других станках.

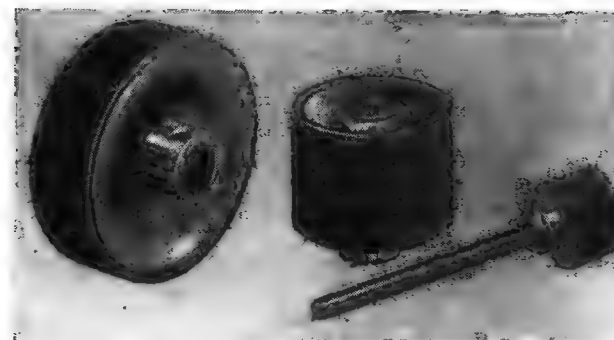
Довольно просто осуществляется и замена использованной шкурки новой (фиг. 29). Эти инструменты успешно применяют в индивидуальном, мелкосерийном и серийном производстве. Только выделение абразивной пыли при недостаточной вентиляции может ограничивать их применение.

Полирование с помощью абразивных лент дало возможность механизировать и даже автоматизировать ряд операций в условиях массового и крупносерийного производства.

Например, шлифование и полирование корыта пера турбинных лопаток на специальных ленточношлифовальных станках (фиг. 30) значительно облегчило труд рабочего и примерно в пять раз



Фиг. 26. Абразивные кольца из шлифовальной шкурки.



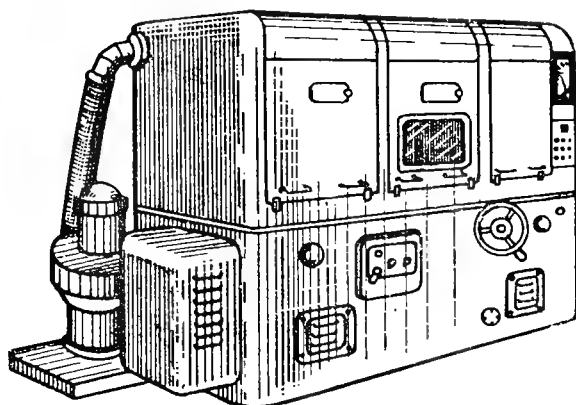
Фиг. 27. Разжимные головки к пневматическим и электрическим машинкам.



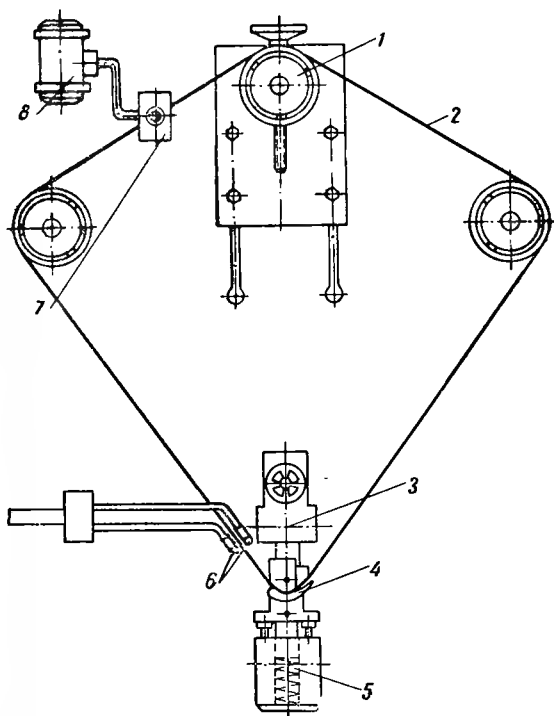
Фиг. 28. Полировальная абразивная щетка.



Фиг. 29. Полировальная абразивная щетка в момент установки новых шкур (щетki сняты).



Фиг. 30. Ленточношлифовальный станок модели MB-8850 для обработки турбинных лопаток (общий вид).



Фиг. 31. Кинематическая схема ленточношлифовального станка модели MB-8850:

1 — натяжной ролик;
2 — абразивная лента;
3 — ось качания копира;
4 — лопатка;
5 — ось качания лопатки;
6 — трубы для подвода охлаждающе-смазывающей жидкости к ленте;
7 — устройство для регулирования положения абразивной ленты;
8 — аккумулятор для сжатого воздуха.

повысило производительность труда по сравнению с обработкой вручную.

Имеется несколько различных кинематических схем работы подобных станков. Наибольшую производительность дают станки, работающие широкой лентой без продольной подачи (ширина ленты равна длине корыта обрабатываемой лопатки) при одновременном качании копира и лопатки. На фиг. 31 приведена кинематическая схема такого станка. Во время качания лопатка и копир как бы синхронно обкатываются. Это улучшает условия обработки, а абразивные ленты работают с большей стойкостью. Режимы обработки на таких станках приведены в табл. 9.

Таблица 9

Режим обработки корыта пера лопатки на ленточношлифовальных станках с обкаточным движением копира и лопатки

Режим обработки	Шлифование	Полирование
Характеристика абразивной ленты	ЭБ46, М46 ¹ на ткани	ЭБ60, М60 на ткани
Скорость ленты в м/сек	25	25
Число двойных качаний копира и лопатки в минуту	32	32
$T_{\text{маш}}$ в мин.	общее	3
	на vyhаживание	1
Чистота поверхности после обработки	8-й класс	9-й класс

¹ ЭБ — электрокорунд белый; М — монокорунд.

На фиг. 32, а показан станок для ленточного полирования спинки лопатки крыльчатки, применение которого позволило механизировать и автоматизировать операцию, ранее выполнявшуюся вручную. Свободная ветвь ленты облегает спинку лопатки по всему профилю (фиг. 32, б). Процесс полирования складывается из следующих движений:

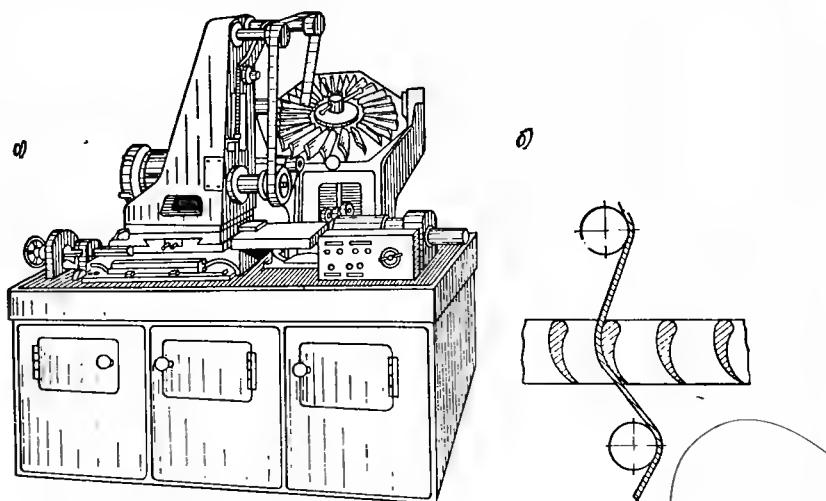
- 1) перемещение ленты в поперечном направлении к профилю спинки пера крыльчатки;
- 2) перемещение ленты вдоль образующей пера;
- 3) качание крыльчатки вокруг оси, параллельной оси обрабатываемого пера лопатки.

По мере продвижения ленты к центру крыльчатки угол качания его изменяется при помощи копирного устройства качающегося

приспособления. Крыльчатка устанавливается на делительном столе и автоматически поворачивается для обработки следующего пера.

Недостаток этого станка заключается в том, что он не имеет защитного устройства от абразивной пыли и не приспособлен для работы с охлаждением.

Для механизации полирования мелких отливок, штамповок и других заготовок находят применение агрегатные установки с транспортирующими и загрузочными устройствами, оснащенные нормализованными ленточнополировальными головками. Обычно



Фиг. 32. Станок для полирования абразивной лентой спинки лопатки крыльчатки: а — общий вид станка; б — схема полирования.

рабочие головки на таких станках размещены вокруг вращающегося стола, на котором закрепляются установочные и зажимные приспособления для обрабатываемых деталей. Размещение головок вокруг стола осуществляется в соответствии с последовательностью операций технологического процесса.

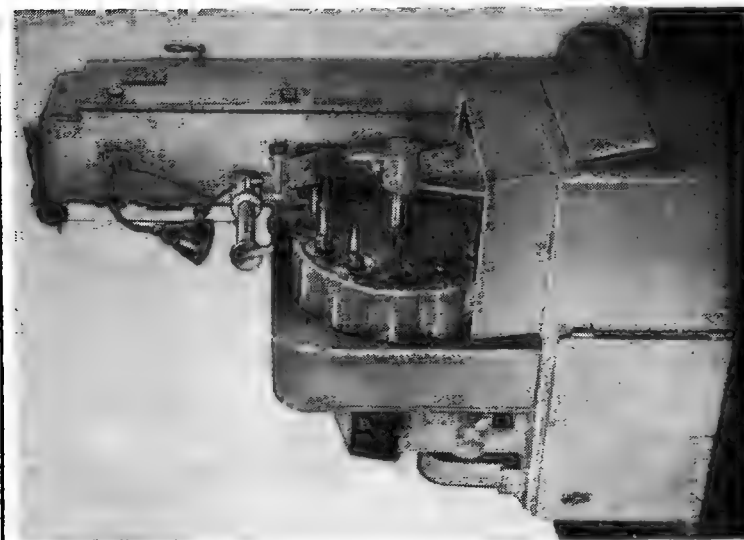
Применение абразивной ленты позволило создавать шлифовальные и полировальные станки, обеспечивающие непрерывную обработку.

На многопозиционном полуавтомате такого типа (фиг. 33) для шлифования ручек ножей и вилок из нержавеющей стали можно обработать 2100 деталей в час. Ленточные непрерывношлифовальные и полировальные автоматы благодаря автоматической загрузке и транспортировке деталей обеспечивают производительность до 7000 деталей в час.

В отдельных случаях применение ленточного полирования позволяет механизировать обработку таких деталей, полирование которых ранее невозможно было механизировать.

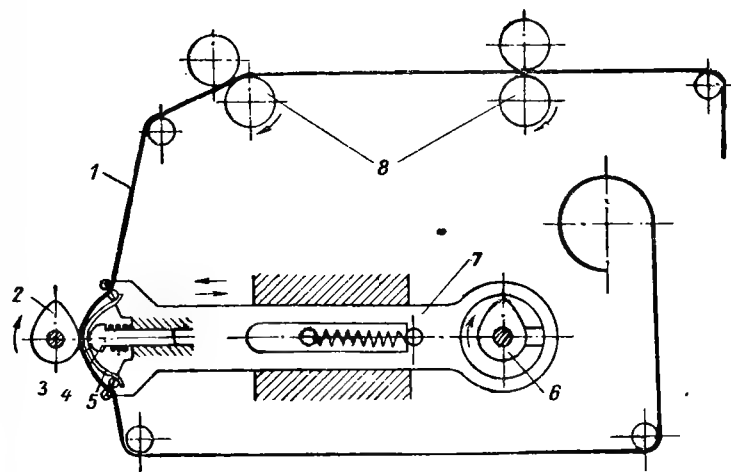


Фиг. 34. Станок ЛЗ-36 для полирования кулачков распределительных валиков автомобильных двигателей.



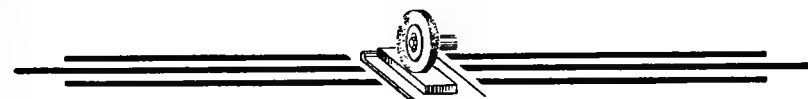
Фиг. 33. Ленточношлифовальный многопозиционный полуавтомат для обработки ручек ножей и вилок.

Примером этого может служить ленточнополировальный полуавтомат модели ЛЗ-36 для полирования распределительных кулачковых валиков автомобильных двигателей (фиг. 34). На этом станке осуществляется одновременное полирование 12 кулачков и одного эксцентрика. В процессе полирования снимается 1—2 мк на сторону. Время обработки составляет 0,8 мин. Чистота поверхности до полирования — 7-го класса, после полирования — 8-го класса (ГОСТ 2789—59). Обработку осуществляют абразивными лентами в рулонах зернистостью 230. Распределительный валик во время



Фиг. 35. Схема полирования кулачков распределительного валика.

обработки совершает вращательное движение вокруг своей оси и осциллирующее вдоль оси. Абразивная лента 1 (фиг. 35) прижимается к поверхности кулачка 2 слабой пружинной 3 с помощью плунжера 4 и стальной пластины 5 и находится в постоянном контакте с кулачком. Для того, чтобы полирование было равномерным по всей криволинейной поверхности кулачка, необходимо усилие прижима сохранять постоянным в процессе всей обработки. Это достигается с помощью копирного кулачка 6, который посредством ползуна 7, несущего абразивную ленту, своевременно отводит и подводит прижимный плунжер к криволинейной поверхности обрабатываемого кулачка. Плавность работы достигается благодаря тому, что копирный кулачок имеет профиль обрабатываемого кулачка и вращается синхронно с ним. С помощью роликового устройства 8 абразивная лента в процессе полирования непрерывно перемещается, обеспечивая постоянное поступление в зону полирования новых еще не затупившихся абразивных зерен.



ГЛАВА IV

ПОЛИРОВАНИЕ В БАРАБАНАХ

Процесс полирования деталей в барабанах заключается в следующем. В барабан загружают детали и приводят его во вращение, во время которого детали, перекатываясь, трутся друг о друга, и таким образом устраняются окалина, ржавчина, шероховатость и другие поверхностные дефекты.

Металлические детали обрабатываются в барабанах без шлифующих материалов (такой процесс называют галтовкой) или одним из следующих материалов: песком, глиной, наждаком, пемзой и др. Для увеличения трения в барабан добавляют наполнители — крупные куски отходов шлифовальных кругов, гальку, стальные шарики, металлические ролики и звездочки.

15. ВИДЫ ПОЛИРОВАНИЯ И ПОЛИРОВАЛЬНЫЕ БАРАБАНЫ

Известны четыре вида полирования:

- 1) полирование в барабанах консольного типа с наклонной осью вращения;
- 2) полирование в герметически закрытых барабанах с горизонтальной осью вращения;
- 3) полирование в перфорированных барабанах;
- 4) полирование в специальных барабанах.

По способу обработки различают сухой и мокрый способы полирования.

При мокром способе полирования детали обрабатываются в барабанах с применением водного раствора мыла, щелочи или масла; при сухом способе полирования детали обрабатываются без добавки какого-нибудь материала или с добавлением железных звездочек, стальных шариков, а в некоторых случаях обрезков кожи или войлочных полос. Для сушки деталей с целью удаления с их поверхности масла при полировании в барабанах применяют опилки.

Полировальные барабаны различаются главным образом по форме, размерам, устройствам для загрузки и выгрузки, а также по расположению оси вращения.

В настоящее время применяются барабаны цилиндрической, граненой и конусной формы. Для обработки мелких деталей небольшими партиями барабаны делают двух- и трехкамерными. Обработка крупногабаритных деталей производится в специальных или многокамерных барабанах. В каждой камере многокамерного барабана обрабатываются одна или две такие детали.



Фиг. 36. Консольный гладкий барабан (барабан-колокол) в рабочем положении.



Фиг. 37. Консольный граненый барабан в положении выгрузки деталей и удаления полирующих материалов.

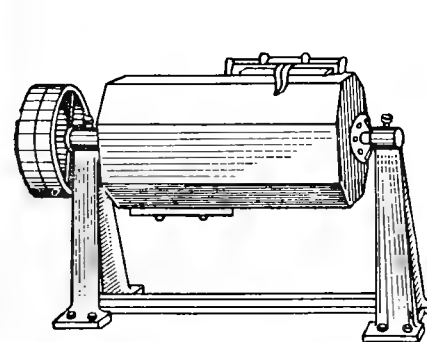
Объемы применяющихся барабанов находятся в пределах 1—300 дм^3 и более.

По конструкции полировальные барабаны могут быть: консольные — гладкие (фиг. 36) и граненые (фиг. 37); герметические — гладкие и граненые (фиг. 38); перфорированные (фиг. 39) и специальные.

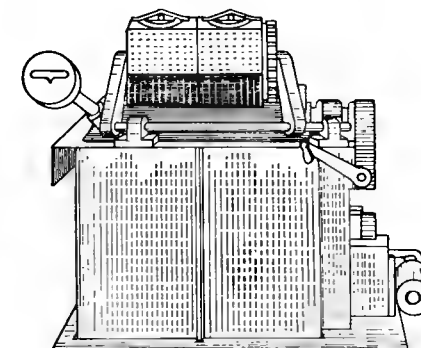
Консольные барабаны. Применяются консольные барабаны литой и сварной конструкции. Эти барабаны предназначены в основном для полирования омедненных и никелированных изделий небольших размеров. В рабочем положении ось вращения барабана направлена вверх под углом 40—45° к горизонту. Для лучшего перемешивания деталей во время обработки гладкий барабан, называемый барабаном-колоколом, делается с внутренними ребрами. Выгрузка деталей и удаление полирующих

средств из консольных барабанов осуществляются при наклонном положении последних (фиг. 37).

Герметические барабаны. Это универсальные полировальные барабаны, которыми можно выполнять любую операцию. Они



Фиг. 38. Герметический граненый двухкамерный барабан.

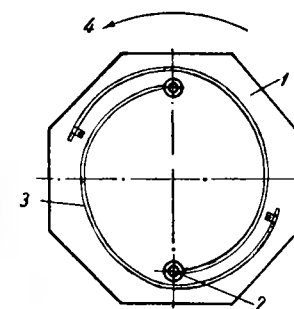


Фиг. 39. Перфорированный двухкамерный барабан.

изготавливаются сварными, хотя еще несколько лет назад можно было встретить и литые барабаны. Герметические барабаны покрывают внутри резиной и в редких случаях деревом. Это предохраняет полируемые детали от вмятин и выбоин, а стальной корпус — от преждевременного износа. Поврежденное или износившееся покрытие легко заменяется новым. Крышки барабанов закрывают герметически, используя резиновые подкладки.

В герметически закрытых барабанах из-за случайно попавших в них веществ могут образоваться газы, поэтому во избежание несчастного случая эти барабаны снабжаются специальными предохранительными устройствами (фиг. 40).

При конструировании барабана исходят из количества одновременно загружаемых деталей. Обычно загружают от $\frac{2}{3}$ до $\frac{4}{5}$ объема барабанов. Когда загрузка барабана невелика, а номенклатура обрабатываемых деталей по форме и размерам очень разнообразна и требуется производить несколько операций обработки, барабаны делают двухкамерными или трехкамерными. В каждой камере такого барабана можно одновременно обрабатывать металлы, отличающиеся друг от друга длительностью обработки, или одновременно производить две или три операции, как например, снятие заусенцев и



Фиг. 40. Схема предохранительного устройства герметического барабана:

1 — боковая стенка барабана; 2 — предохранительный клапан; 3 — газоотводящая труба; 4 — направление вращения барабана.

полирование или заваливание острых кромок и удаление ржавчины и окалины.

Герметические барабаны имеют горизонтальную ось вращения. Однако бывают и такие герметические барабаны, ось вращения которых смещена на некоторый угол по отношению к горизонтали.

В мелкосерийном и индивидуальном производстве, где детали обрабатываются небольшими партиями, применяются малогабаритные настольные герметические барабаны.

Герметические барабаны имеют ряд преимуществ:

1) абразивные материалы и наполнители могут быть любой величины, в то время как при обработке в перфорированных барабанах их размеры ограничиваются величиной отверстий в стенках барабанов;

2) на операциях снятия заусенцев и шлифования достигается высокая производительность;

3) требуются небольшие производственные площади;

4) требуется меньший расход шлифовальных и полировальных материалов на единицу готовой продукции.

К недостаткам этих барабанов следует отнести:

1) необходимость промывки деталей после обработки;

2) частую смену рабочей жидкости (при полировании, например, замену жидкости следует производить через 1—2 часа);

3) необходимость применения предохранительного устройства для выхода случайно образовавшихся в барабане газов.

Перфорированные барабаны. Эти барабаны находят наибольшее применение при полировании, так как обильная промывка деталей и наполнителей во время обработки способствует получению более чистой блестящей поверхности. В этих барабанах также можно производить шлифование, снятие заусенцев и другие операции.

Перфорированные барабаны имеют следующие преимущества:

1) не требуется специальных промывочных операций, а также смены рабочей жидкости в течение всего цикла обработки;

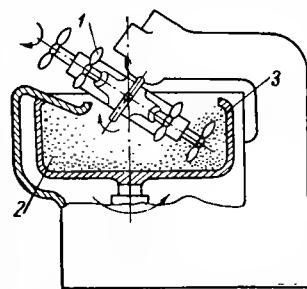
2) достигается наиболее высокая чистота поверхности при полировании.

К недостаткам можно отнести следующее:

1) необходимо иметь специальный механизм для подъема и опускания барабана;

2) затруднена защита трущихся поверхностей подшипников;

3) затруднена очистка ванны от абразивных отходов.



Фиг. 41. Центробежнополировальный барабан:

1 — изделие; 2 — абразивный порошок; 3 — барабан.

Специальные полировальные барабаны. Они применяются главным образом для обработки крупногабаритных деталей (фиг. 41). Детали 1 устанавливаются в шпинделях многошпиндельного приспособления и медленно подаются в зону полирования. Вращаясь, они проходят через массу абразивного порошка 2, который под действием центробежных сил вращается вместе с барабаном 3 и осуществляет процесс полирования.

16. ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ В БАРАБАНАХ

При обработке деталей в барабанах выполняются следующие операции:

1) удаление заусенцев и различных поверхностных неровностей;

2) удаление ржавчины и окалины;

3) повышение чистоты обрабатываемой поверхности (полирование);

4) притупление острых кромок и т. п.

Полирование в барабанах обеспечивает однородность качества обрабатываемой поверхности и не приводит к сколько-нибудь заметному искажению ее формы. Все перечисленные операции требуют много времени; самая непродолжительная из них — удаление заусенцев.

Детали, полируемые в барабанах, должны быть такой конфигурации и размеров, чтобы во время вращения они могли свободно соприкасаться, не зацепляясь одна за другую. В барабан загружают всю массу деталей, за исключением тонкостенных, которые нельзя обрабатывать в одном барабане с массивными деталями.

При полировании деталей с отверстиями надо применять такие абразивные и неабразивные наполнители, чтобы они не застревали внутри отверстий.

Номенклатура загружаемых в барабан деталей определяется временем обработки, требованиями к чистоте их поверхности и назначением операции.

17. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИРОВАНИЯ В БАРАБАНАХ

Полирование в барабанах имеет наибольшее распространение для декоративной обработки и для обработки под лакокрасочные и гальванические покрытия.

В барабанах можно одинаково успешно обрабатывать точные, литые, штампованные и всевозможные другие детали. Лучшие результаты достигаются при полировании деталей с криволинейными поверхностями без глубоких выемов, но с равномерным распределением массы. Детали с острыми углами и краями или с большими плоскими участками, как и детали с неравномерным распределением массы (типа маховиков и т. п.), обра-

батывать труднее. Особенно трудно обрабатывать детали с глухими отверстиями малого диаметра или детали с узкими пазами. Нельзя допускать, чтобы во время обработки детали (например, вилки) сцеплялись друг с другом, так как в этом случае они не будут обрабатываться. Во избежание сцепления таких деталей острые их кромки надо обмотать проволокой или на кромки следует надеть отрезки резиновых трубок, чтобы исключить попадание одной детали в другую.

В барабанах обрабатывают преимущественно детали небольших и средних размеров разнообразной формы и из различных металлов: закаленной и незакаленной стали, бронзы, латуни, алюминия и т. п. Типы деталей, обрабатываемые во вращающихся барабанах, можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по виду заготовок — литые, штампованные, полученные механической обработкой;
- 2) по роду обрабатываемых металлов — черные металлы, легированные стали, цветные металлы и сплавы;
- 3) по состоянию обрабатываемых металлов — термообработанные (закаленные) и нетермообработанные (сырые);
- 4) по форме — сложные, средней сложности, простые;
- 5) по размерам — мелкие (до 30 мм), средние (30—150 мм), крупные (свыше 150 мм).

Детали с наружной резьбой, детали с некоторыми точными поверхностями, крупногабаритные детали и др. требуют специальных условий при обработке во вращающихся барабанах. Для предохранения от повреждения во время обработки на резьбовые части деталей или на весьма точные их участки надевают предохранительные резиновые колпачки или эти участки обматывают проволокой.

На деталях, подлежащих шлифованию и полированию в барабанах, не допускаются поверхностные дефекты (глубокие царапины, раковины и др.), так как даже при грубом режиме обработки их невозможно устранить. Поэтому подобные дефекты необходимо устранить до помещения деталей в барабан. Это обычно осуществляется шлифовальными кругами или на ленточношлифовальных станках с применением абразивной ленты зернистостью 60—100.

Детали без поверхностных дефектов, полученные холодной штамповкой из проката, а также втулки, шайбы, кольца, короткие трубки и т. п. можно полировать в барабанах без предварительной обработки.

Чистота поверхности деталей перед обработкой в барабанах должна быть в пределах 5—6-го класса (ГОСТ 2789—59). Более грубая подготовка поверхности удлиняет процесс обработки в барабанах и поэтому неэкономична.

В табл. 10 приведена рекомендуемая чистота поверхности заготовок при обработке в барабанах. При удалении окалины,

ржавчины, притуплении острых кромок и снятии заусенцев с детали исходная чистота поверхности не имеет значения.

Повышение однородности качества поверхности заготовок на предшествующих операциях резко повышает эффективность обработки в барабанах.

Шлифованию и полированию в барабанах могут подвергаться детали различных отраслей промышленности: моторостроения, самолетостроения, автомобилестроения; для производства мотоциклов, мотороллеров, велосипедов, швейных и пишущих машин, медицинских инструментов; шарикоподшипниковой, часовой и приборостроительной промышленности, радиопромышленности и т. д.

18. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛИРОВАНИЯ В БАРАБАНАХ

Обрабатываемые детали загружаются в барабан вместе со шлифующими или полирующими материалами. Загрузочные люки плотно закрываются, и барабан приводится во вращение. При вращении барабана обрабатываемые детали и полирующие средства несколько перемещаются вверх и в определенный момент под действием собственного веса устремляются вниз, одновременно перемешиваясь. Таким образом, вся масса находится в каком-то разнонаправленном движении; находящиеся в барабане абразивные куски и частицы, соприкасаясь с деталями, полируют их, снимая тончайший слой металла с выступающих частей поверхности деталей.

На процесс полирования в барабанах оказывают влияние следующие факторы:

- 1) общая масса и соотношение в ней обрабатываемых деталей и абразивных материалов;
- 2) состав и температура рабочей жидкости;
- 3) состав и свойства абразивных материалов;
- 4) скорость вращения барабана.

Интенсивность съема металла при обработке в барабанах зависит от того, какая операция осуществляется — шлифование или полирование.

При шлифовании с поверхности деталей снимается слой металла толщиной до 0,1 мм. В качестве шлифующего материала чаще всего применяются куски шлифовальных кругов. Процесс обработки идет наиболее интенсивно, а на поверхности деталей остаются глубокие риски от действия абразивных частиц. При

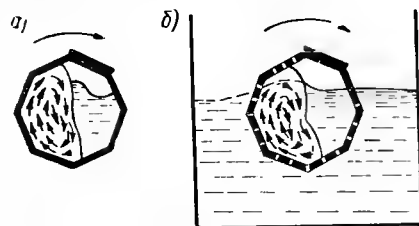
Таблица 10

Рекомендуемая чистота поверхности заготовок при обработке в барабанах

Назначение обработки	Исходная чистота поверхности (класс по ГОСТ 2789-59)
Шлифование . . .	▽5—▽6
Полирование . .	▽7—▽9

исходной чистоте поверхности 5—6-го класса шлифованием можно получить 7—9-й класс чистоты.

На операции полирования происходит сглаживание оставшихся после шлифования шероховатостей. В качестве полирующего материала используются хорошо обкатанный бой фарфора и закаленные стальные шарики и цилиндрики. Толщина снимаемого слоя металла при полировании соответствует примерно высоте шероховатости поверхности. После полирования поверхность деталей приобретает блестящий вид, близкий к зеркальному. Если исходная чистота поверхности 7—9-го класса, можно получить полированием 9—11-й класс чистоты поверхности.



Фиг. 42. Схемы процесса полирования: а — в герметических барабанах; б — в перфорированных барабанах.

При обработке в барабанах съем металла с различных участков поверхности деталей происходит несколько неравномерно. Выступающие острые кромки и ребра ввиду наиболее интенсивного съема скругляются; на выпуклых поверхностях сьем несколько выше, чем на плоских и вогнутых. Но для одинаковых (однотипных) деталей характер обработки сохраняется постоянным. Поэтому полирование в барабанах применяется как декоративная обработка.

Несмотря на некоторую конструктивную особенность приведенных выше барабанов, принципиальной разницы при обработке деталей в них нет. Полирование в барабанах конфольного типа с наклонной осью вращения осуществляется всухую, и процесс обработки наименее интенсивен. В настоящее время этот вид полирования успешно заменяется полированием в герметических и перфорированных барабанах. Полирование в специальных барабанах применяется в том случае, когда детали из-за больших габаритов или особенностей конфигурации нельзя обработать в герметических или перфорированных барабанах.

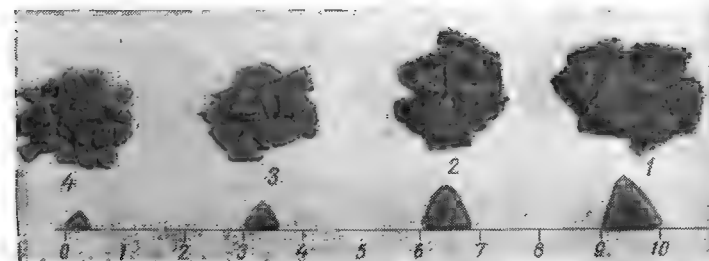
Полирование в герметическом барабане отличается от полирования в перфорированном тем, что перфорированный барабан вращается в баке с рабочей жидкостью, которая свободно циркулирует из бака в барабан через отверстия в его стенках и обратно в бак; герметический барабан вращается свободно, и залитая в него рабочая жидкость не обновляется в процессе полирования (фиг. 42).

19. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕАБРАЗИВНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ И РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ

Для шлифования в барабанах наиболее широко применяется бой шлифовальных кругов. Используемые на шлифовальных станках круги разбивают под прессом или вручную и полученные

куски измельчают на камнедробильных машинах до размера 5—35 мм. Полученные куски шлифовальных кругов предварительно обкатывают в галтовочных барабанах со скоростью 40—50 об/мин. в течение 1—2 час., и после сортировки они готовы к употреблению. Для обработки закаленных деталей можно использовать необкатанный бой шлифовальных кругов или других абразивных инструментов.

Таким же способом для полирования в барабанах готовятся бой фарфора и куски серого гранита. Галтовка продолжается 10—20 час.



Фиг. 43. Специальные абразивные наполнители в виде плиток треугольной формы для обработки в барабанах.

Бой абразивных материалов сортируется на куски следующих групп и размеров: крупные — 25—35 мм, основные — 17—25 мм, средние — 10—17 мм, мелкие — 5—10 мм.

Размеры кусков боя абразивных кругов выбираются в зависимости от конфигурации деталей и назначения операции. Наиболее чистую обработанную поверхность дают абразивные куски группы «мелкие». Они же рекомендуются для обработки тонкостенных и хрупких деталей.

Для повышения режущих свойств кусковых абразивов в барабан добавляют шлифовальные порошки электрокорунда зернистостью 100—230.

Одна из зарубежных фирм рекламирует для обработки в барабанах специальные абразивные наполнители «Алундум тумблекс Т», представляющие собой плитки треугольной формы (фиг. 43) четырех размеров (от 25 до 8 мм), которые по данным фирмы обеспечивают высокую производительность и при износе не теряют формы.

Неабразивные наполнители применяются при обработке в барабанах для смягчения взаимных ударов деталей, улучшения чистоты поверхности и блеска деталей, обеспечения обработки труднодоступных мест. При полировании всухую неабразивные наполнители должны также собирать абразивную пыль и отходы полировальных процессов. К таким наполнителям относятся:

Продолжительность обработки в барабанах

Название операции	Продолжительность обработки в час.
Удаление заусенцев	0,25—2
Удаление окалин	1—4
Шлифование	4—40
Полирование:	
небольших стальных деталей, полученных холодной штамповкой	3—4
стальных поковок	4—6
деталей из латуни и бронзы	2—4

Примечание. Продолжительность обработки дана ориентировочно и зависит от условий обработки.

а) металлические — шарики, цилиндрики, отходы штамповочного производства;

б) неметаллические — кукурузные кочерыжки, кожа, обрезки фетра, опилки и др.

Стальные шарики применяются на операциях полирования. Они должны быть закалены и заранее отполированы. Перед употреблением шарики обезжириваются. Для замены дорогостоящих стальных шариков используются цилиндрики, нарезанные из проволоки. Цилиндрики, так же как и шарики, должны быть закалены и предварительно отполированы.

Кукурузные кочерыжки применяются при полировании стальных деталей и деталей из цветных металлов и сплавов. Обычно они применяются вместе со стальными шариками в следующей пропорции: детали — 1 часть, шарики — 1 часть, фарфор — 2 части, кукурузные кочерыжки — 2 части. Обрезки кожи и фетра применяются при полировании всухую. Кожа должна быть мягкой; обычно применяются замша, шевро, хром. Размеры кусочков кожи не должны быть более 60 мм². В весовых частях соотношение кожи и деталей составляет 1 : 50. Обычно одной загрузки обрезков кожи достаточно для обработки 3—5 партий деталей.

Опилки используются для сушки деталей и при галтовке. Обычно применяются сухие опилки твердых пород дерева — березы, бука и др., которые хорошо очищают детали от масла и высушивают их после шлифования и полирования с рабочей жидкостью. Отработанные опилки выбрасываются. Влажные чистые опилки до применения в барабанах должны высушиваться. Объемное соотношение деталей и опилок должно быть от 1 : 2 до 1 : 6.

В качестве рабочих жидкостей при шлифовании и полировании применяются растворы ядрового 72-процентного мыла, едкого натра, кальцинированной соды, гашеной извести, азотистокислого натрия и т. п. Рабочие жидкости должны хорошо смачивать детали и абразивные наполнители, легко распыляться, быть химически нейтральными.

20. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕСС ПОЛИРОВАНИЯ В БАРАБАНАХ

Процесс полирования в барабанах занимает длительное время и вместе со шлифованием может продолжаться от нескольких часов до нескольких смен. Продолжительность обработки зависит от вида операции, размеров и материалов деталей (табл. 11). Несмотря на значительную длительность обработки, полирование в барабанах дает высокую производительность, так как одновременно обрабатывается большое количество деталей.

С уменьшением размеров кусков боя шлифовальных кругов улучшается чистота обработанной поверхности, но уменьшается

съем металла. Однако более крупные куски боя шлифовальных кругов изнашиваются интенсивнее.

Увеличение количества абразивного наполнителя в пропорции от 1 : 2,5 до 1 : 10 повышает съем металла при шлифовании примерно в 1,5 раза, не оказывая заметного влияния на чистоту обработанной поверхности. Поэтому соотношение обрабатываемых деталей и абразивных материалов должно быть от 1 : 5 до 1 : 8, а для полирования объемное соотношение обрабатываемых деталей, стальных шариков и абразивных материалов — 1 : 1 : 2. Для полирования же деталей сложной фасонной формы на одну часть деталей необходимо брать 12—15 частей абразивного наполнителя.

На качество полированной поверхности, особенно на степень блеска, в большой мере влияют рабочие жидкости. Так как рабочие жидкости представляют собой водные растворы поверхностно активных веществ, то степень блеска полируемых деталей зависит от жесткости воды и свойств поверхностно активных веществ. При полировании в барабанах лучшую чистоту обработанной поверхности можно получить тогда, когда в качестве рабочей жидкости применяется раствор мыла в мягкой воде. Повышение жесткости воды приводит к ухудшению качества полирования, и в дальнейшем полирование становится невозможным.

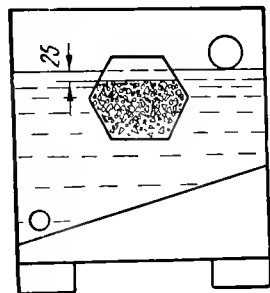
При полировании в герметических барабанах рабочая жидкость обычно загрязняется раньше, чем заканчивается процесс полирования, поэтому через 1—2 часа работы барабана необходимо менять раствор.

При работе в перфорированных барабанах раствор сохраняет работоспособность при полировании одной или двух партий деталей. Для повышения степени блеска обрабатываемых изделий в раствор добавляют мыло в количестве 0,2—0,5 %. Увеличение процентного содержания мыла заметного повышения блеска не дает.

Введение смягчающих добавок в мыльный раствор на жесткой воде не приводит к положительному результату. Только добавление синтетических моющих средств в мыльные растворы на жесткой воде улучшает качество полирования. Хороший блеск дает применение 0,2-процентного мыльного раствора с добавкой 1,5% контакта Петрова.

При полировании в перфорированных барабанах раствор подогревают паром до 60—65°. Это частично повышает производительность и блеск обработанной поверхности.

Значительное влияние на процесс полирования оказывает скорость вращения барабана. Рекомендуемая окружная скорость вращения герметического барабана 0,5—0,6 м/сек. Уменьшение скорости заметно снижает производительность процесса, а увеличение приводит к ухудшению чистоты обработанной поверхности и к повышению износа абразивного наполнителя при некотором увеличении съема металла.



Фиг. 44. Схема поперечного сечения бака с барабаном для подводного полирования.

Скорость вращения барабана должна быть такой, чтобы находящаяся внутри его масса только перекачивалась, но не вращалась вместе с ним. Обычно число оборотов герметического барабана составляет 15—60 об/мин. При полировании хрупких и тонкостенных деталей число оборотов в минуту снижают до 6—10, и при таком режиме эти детали полируются без повреждений.

Скорость вращения перфорированного барабана несколько выше, чем герметического, — 0,9—1,0 м/сек. Обычно число оборотов перфорированных барабанов находится в пределах 24—30 об/мин.

Большое значение для полирования в перфорированных барабанах имеет уровень воды в баке. Рекомендуется бак наполнять водой так, чтобы уровень воды был на 25 мм выше уровня загрузки барабана (фиг. 44). В баке имеются два отверстия: одно для слива отработанной жидкости, другое на уровне наполнения его жидкостью. При обработке деталей сложной конфигурации в перфорированных барабанах, а также хрупких и тяжелых деталей уровень наполнения бака жидкостью повышается до 30 мм и более над уровнем наполнения барабана. С понижением уровня рабочей жидкости возрастает интенсивность полирования, но вместе с этим ухудшается чистота обработанной поверхности.

Особенностью полирования в барабанах является то, что в каждом случае время обработки должно определяться опытным путем. Это дает возможность проверить правильность выбранных режимов и вести процесс с наиболее высокой производительностью.

21. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛИРОВАНИЯ В БАРАБАНАХ

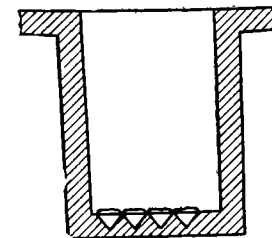
При большом объеме полировальных работ эффективность применения барабанов значительно повышается, если одновременно механизмируются вспомогательные операции — загрузка, выгрузка и др. Обычно обработка в барабанах состоит из следующих операций и переходов: обезжиривание деталей; загрузка деталей, абразивных и неабразивных наполнителей и заливка рабочей жидкости; шлифование; выгрузка массы; промывка деталей и барабана; загрузка деталей и полирующих средств; полирование; выгрузка деталей и подготовка барабана к обработке следующей партии деталей; сепарация деталей (отделение деталей от абразивной массы); промывка, сушка и размагничивание деталей.

Если для выполнения каждой операции установить отдельный барабан и все барабаны расположить в строгой технологической последовательности при механизации вспомогательных переходов, производительность полирования возрастет в несколько раз. Загрузка и выгрузка барабанов в линии осуществляются при помощи несложных ковшей и талей.

Современный граненый герметический барабан должен иметь регулируемую скорость вращения, клапан для редуцирования внутреннего давления газа, автоматический останов и вспомогательное оборудование загрузки и выгрузки. Он должен быть снабжен оборудованием для сепарации содержимого барабана после обработки, а также для промывки и сушки деталей.

22. ВИБРАЦИОННОЕ ПОЛИРОВАНИЕ В БАРАБАНАХ

Применение вибраций при обработке деталей в барабанах дает возможность с большей точностью полирования и намного ускорять его. В зависимости от обрабатываемого материала и вида операции, изменяя частоту и амплитуду колебаний и отношение массы деталей к абразивной массе, можно повысить производительность обработки в 10 раз и больше по сравнению с работой без вибраций.



Фиг. 45. Деталь, у которой снятие заусенцев осуществляется обработкой в барабане с применением вибраций.

Вибрационное полирование в барабанах — новый процесс, который только начинают внедрять на заводах. Обычно вибрации передаются деталям и абразивной массе путем механического встряхивания вращающегося барабана. Особенно широкое распространение этот процесс должен получить при обработке сложных фасонных деталей, внутренних фасонных поверхностей, деталей с отверстиями и т. п.

В отдельных случаях вибрации дают возможность обрабатывать в барабанах такие детали (фиг. 45), которые без применения вибраций невозможно обработать в барабане.

23. ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ В БАРАБАНАХ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Для каждой операции обработки в барабанах требуется определенная окружная скорость барабана: для обезжиривания и сушки — 0,45—0,5 м/сек; для снятия заусенцев и притупления кромок — 0,6—0,8 м/сек; для шлифования и полирования — 0,5—0,6 м/сек.

Таблица 12

Абразивные материалы и наполнители для шлифования и полирования в барабанах

Материалы обрабатываемых деталей	Абразивные материалы и наполнители	
	для шлифования	для полирования
Углеродистые и нержавеющие стали	Куски абразивных кругов Э24-80СТ1-СТ2К Куски электрокорунда размером 10—30 мм Шлифовальные порошки Э36-100 Крупный кварцевый песок Чугунная дробь Ø 5—15 мм	Фарфор обкатанный размером 5—40 мм Микropорошки ЭМ40-М20 Венская известь Стальная дробь каленая, полированная Кожа мягкая (шевро, хром) Древесные опилки
Медь, латунь, алюминевые и магниевые сплавы	Куски гранита размером 10—30 мм Куски мрамора размером 5—20 мм Куски фарфора размером 5—20 мм Шлифовальные порошки Э36-80	Фарфор обкатанный размером 5—20 мм Венская известь Стальная дробь каленая, полированная Кожа Древесные опилки
Цинковые и цинковоалюминиевые сплавы	Куски гранита размером 10—30 мм Куски фарфора размером 5—20 мм Шлифовальные порошки Э36-80 Кварцевый песок Цинковая дробь Ø 5—15 мм	Фарфор обкатанный и фарфоровые шарики размером 5—20 мм Кварц кусковой обкатанный размером 1,5—5 мм Микropорошок окиси хрома с фарфоровой крошкой Древесные опилки

Для полирования и шлифования различных металлов применяются различные абразивные материалы и рабочие жидкости. В табл. 12 приведены абразивные материалы, а в табл. 13 — рабочие жидкости для шлифования и полирования металлов¹.

Таблица 13

Рабочие жидкости для шлифования и полирования в барабанах различных металлов

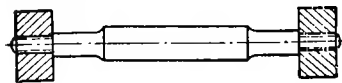
Материалы обрабатываемых деталей	Рабочие жидкости	
	для шлифования	для полирования
Углеродистая сталь	Водный раствор 0,8% тринатрийфосфата и 0,2% азотистокислого натрия Водный раствор 1—2% кальцинированной соды и 0,5% канифоли Водный раствор 1,5—5% едкого натра	Водный раствор 0,8% жидкого стекла и 0,3% тринатрийфосфата Водный раствор 0,2% нитрита натрия, 0,2% кальцинированной соды и 0,2% извести 1—2-процентная мыльная эмульсия
Нержавеющая сталь	Водный раствор 1% кальцинированной соды, 0,25% азотистокислого натрия и 0,2% гашеной извести Водный раствор 0,8% тринатрийфосфата и 0,2% азотистокислого натрия Водный раствор 2—3% едкого натра	Водный раствор 1% кальцинированной соды, 0,25% нитрита натрия и 0,2% извести 1—2-процентная мыльная эмульсия
Медь, латунь и другие медные сплавы	Водный раствор 0,5—1% кальцинированной соды Водный раствор 0,8% тринатрийфосфата	Водный раствор 1% хромового ангидрида и 0,5% поваренной соли 1—2-процентная мыльная эмульсия
Алюминиевые, магниевые, цинковые и цинковоалюминиевые сплавы	Вода Водный раствор 0,8% тринатрийфосфата	Водный раствор 1% хромового ангидрида и 0,5% серной кислоты 1—2-процентная мыльная эмульсия

¹ По данным ряда машиностроительных заводов.

24. ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ПОЛИРОВАНИЯ В БАРАБАНАХ

Детали с наружной резьбой, с отдельными точными поверхностями, тонкостенные, крупногабаритные, детали с глубокими пазами, проушинами и отверстиями требуют при полировании в барабанах особых условий.

Для предохранения наружной резьбы деталей от повреждений при обработке в барабанах на нее навинчивают колпачки, гайки и т. п. (фиг. 46).

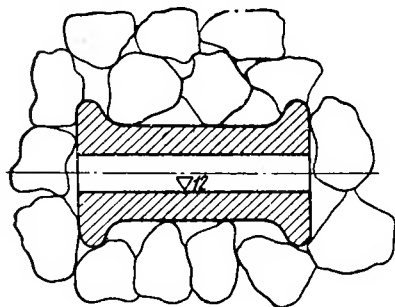


Фиг. 46. Деталь с предохранительным колпачком для обработки в барабане.

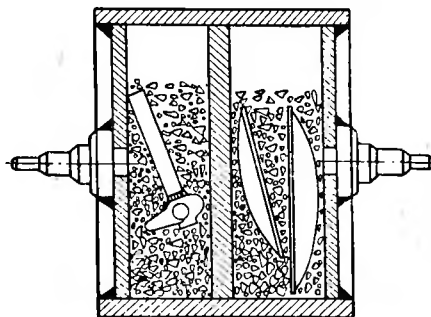
Точные отверстия малого диаметра можно предохранить от повреждений при полировании детали в барабане применением кусков боя шлифовальных кругов; размер их должен превышать диаметр точного отверстия детали (фиг. 47). Чтобы избежать

повреждений точных отверстий большого диаметра, надо их заглушать с обеих сторон.

Детали средних размеров с прямыми или остроугольными кромками, так же как и крупногабаритные детали, надо расположить при обработке в барабане таким образом, чтобы они не



Фиг. 47. Схема обработки детали с точным отверстием малого диаметра.



Фиг. 48. Схема обработки крупногабаритных деталей в отдельных камерах барабана.

ударялись друг о друга. Такие детали можно крепить на оправках к стенкам барабана или обрабатывать по одной-две детали в многокамерном барабане, камеры которого ограничивали бы свободу их движения во время обработки (фиг. 48).

Детали с глубокими пазами надо обрабатывать во избежание их заклинивания с максимальным количеством абразивного наполнителя. Рекомендуется объемное соотношение деталей и абразивного наполнителя от 1 : 10 до 1 : 12.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарбер М. И., Декоративное шлифование и полирование, Машгиз, 1948.
2. Гребенщиков И. В., Роль химии в процессах полирования, «Сорена», вып. II, 1935.
3. Идельсон М. Я., Шлифование, полирование и доводка абразивными ремнями, ВПТИ, 1954.
4. Ипполитов Г. М., Абразивные инструменты и их эксплуатация, Машгиз, 1959.
5. Кирцов Н. И., Техминимум полировщика и шлифовщика по отделке металлов, Машгиз, 1943.
6. Лурье Г. Б., Методы отделки деталей абразивными инструментами, Трудрезервиздат, 1958.
7. Машиностроение, Энциклопедический справочник, т. 7, Машгиз, 1949.
8. Мадевич С. А., Новое в обработке изделий бесконечными абразивными лентами, ЛДНТП, 1956.
9. Митревич К. С., Отечественный опыт применения абразивных лент при шлифовании, МДНТП, 1957.
10. Подаев А. В., Сулима А. М. и др., Технология авиадвигателестроения, Оборонгиз, 1957.
11. Рыбаков В. А., Новые абразивные инструменты, МДНТП, 1958.
12. Справочник технолога-машиностроителя, т. I и II, Машгиз, 1958.
13. Фрейдберг В. З., Зарубежный опыт применения абразивных лент при шлифовании и доводке, МДНТП, 1957.
14. Шальнов В. А., Шлифование и полирование лопаток газотурбинных двигателей, Оборонгиз, 1958.
15. Шнейдер Ю. Г., Назначение и технологическое обеспечение чистоты поверхности деталей машин, ЛДНТП, 1956.
16. Яновский М. А., Барабанное подводное полирование, ЛДНТП, 1957.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Глава I. Процесс полирования	3
1. Сущность и назначение полирования	—
2. Требования к операции полирования	6
3. Основные виды механического полирования	7
Глава II. Полирование эластичными кругами	9
4. Полировальные круги	10
5. Полирующие материалы и пасты	15
6. Профилирование, балансировка и пакатка кругов	17
7. Крепление полировальных кругов	19
8. Полировальные станины с эластичными кругами	20
9. Технологический процесс полирования	27
10. Примеры полирования эластичными кругами на различных заводах	29
11. Полирование драгоценных металлов	32
Глава III. Полирование шлифовальной шкуркой и бесконечной абразивной лентой	33
12. Шлифовальная шкурка, абразивные ленты и их применение	—
13. Технология полирования шлифовальной шкуркой и абразивной лентой	37
14. Механизация процессов полирования шлифовальными шкурками и абразивными лентами	45
Глава IV. Полирование в барабанах	53
15. Виды полирования и полировальные барабаны	—
16. Операции, выполняемые при обработке деталей в барабанах	57
17. Область применения полирования в барабанах	—
18. Технологический процесс полирования в барабанах	59
19. Абразивные материалы, неабразивные наполнители и рабочие жидкости	60
20. Влияние различных факторов на процесс полирования в барабанах	62
21. Механизация процесса полирования в барабанах	65
22. Вибрационное полирование в барабанах	—
23. Примеры обработки в барабанах различных металлов	66
24. Особые случаи полирования в барабанах	68
Л и т е р а т у р а	69

СЕРГЕЙ ПАНТЕЛЕЙМОНОВИЧ КИСЕЛЕВ

ПОЛИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОВ

Редактор издательства Т. Л. Лейкина

Технический редактор Р. Г. Польская

Корректор И. Е. Полякеев

Подписано к печати 1/IX 1961 г.

М-37870.

Формат бумаги 60х161/16.

Печ. листов 4,5.

Уч.-изд. листов 4,5.

Тираж 16 000 экз.

Заказ 659

Типография «Красный Печатник». Ленинград, Московский проспект, 91.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МАШГИЗ

БИБЛИОТЕЧКА ШЛИФОВЩИКА

ПЕРЕЧЕНЬ ВЫПУСКОВ

1. Кудасов Г. Ф., Абразивные материалы и инструменты.
 2. Васильев Н. Н., Круглое наружное шлифование.
 3. Ваксер Д. Б., Внутреннее шлифование.
 4. Муцянюк В. И., Бесцентровое шлифование.
 5. Кудасов Г. Ф., Плоское шлифование.
 6. Малкин Б. М., Профильное шлифование.
 7. Глясс М. Д., Резьбошлифование.
 8. Муцянюк В. И., Абразивная заточка и доводка металло-
режущих инструментов.
 9. Соколов С. П., Тонкое шлифование и доводка.
 10. Киселев С. П., Полирование металлов.
-

Книги Машгиза продаются во всех магазинах книго-
торгов. При отсутствии книг в местных магазинах заказ
следует направлять по адресу: Москва, Ж-109, 2-я Фре-
зерная ул., 14, Ассортиментный отдел Центральной опто-
вой книжной базы.

Заказы принимаются также по адресу: Ленинград,
Ф-31, Садовая ул., 40, магазин № 2 Ленкниготорга.

Книги будут высланы наложенным платежом.
Издательство заявок не принимает.

16 коп.



ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ МАШГИЗА
Ленинград, ул. Дзержинского, 10

Библиотечка
ШЛИФОВЩИКА

ВЫПУСК 10

С.П. КИСЕЛЕВ

**ПОЛИРОВАНИЕ
МЕТАЛЛОВ**



МАШГИЗ